



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TEMA:**

**Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación  
Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos**

**AUTOR:**

Caballero Llunitaxi, Nessar José  
Serrano Chang, Jorge Enrique

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de  
INGENIERO EN ELECTRICIDAD**

**TUTOR:**

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando. M.Sc.

**Guayaquil, Ecuador**

**2024**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente Trabajo de Integración Curricular fue realizado en su totalidad por Caballero Llumitaxi, Nessar José y Serrano Chang, Jorge Enrique, como requerimiento para la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRICIDAD.

TUTOR

---

Ing. Philco Asqui, Luis Orlando. M.Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

---

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo. M.Sc.

Guayaquil, 25 de enero del año 2024



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Caballero Llumitaxi, Nessar José  
Serrano Chang, Jorge Enrique

**DECLARAMOS QUE:**

El trabajo de Integración Curricular “**Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Electricidad**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Integración Curricular referido.

Guayaquil, 25 de enero del año 2024

**AUTORES**

Caballero Llumitaxi, Nessar José

Serrano Chang, Jorge Enrique



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**AUTORIZACIÓN**

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Nosotros, Caballero Llumitaxi, Nessar José

Serrano Chang, Jorge Enrique

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular: **“Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, 25 de enero del año 2024

**AUTORES**

Caballero Llumitaxi, Nessar José

Serrano Chang, Jorge Enrique



UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD

REPORTE DE COMPILATIO



Reporte Compilatio del trabajo de titulación de la Carrera de Ingeniería en Electricidad denominada: “Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos”, de los estudiantes Caballero Llumitaxi, Nessar José y Serrano Chang, Jorge Enrique se encuentra al 2% de coincidencias.

Atentamente,

Philco Asqui, Luis Orlando. M.Sc.

Docente Tutor

## **AGRADECIMIENTO**

El siguiente trabajo de titulación doy en agradecimiento muy especial a toda mi familia en especial a mis padres José Caballero y Reyna Lluitaxi, quienes me enseñaron todo los valores y me guiaron siempre por el camino del bien. Esta tesis de grado es un agradecimiento muy a mis padres.

Caballero Lluitaxi, Nessar José

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo de titulación se lo dedico profundamente a Dios, a mi familia y en especial a mi esposa e hija Carolina Vera y Valentina Caballero, quienes han sido un pilar fundamental en mi vida, dándome esas palabras de esfuerzo para seguir adelante en mis estudios y poder llegar a ser un profesional del Ecuador.

Caballero Llumitaxi, Nessar José

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Mercedes Lorena Chang Salcedo y Edgar Enrique Serrano Viteri a mi esposa la Dra. Maritza Johanna Mendieta Bustos a mis hijos Johan y Jornan Serrano Mendieta y a mis hermanos Andrés y Brighit Serrano Chang a mis suegros Sr. Heraclio Ricardo Mendieta Toasa por ser partes de este proceso y ser la parte fundamental en mi carrera profesional a Dios que si él no podría lograrlo a mi abuelita que desde el cielo me guía y este logro es para ella sé que será la más feliz Sra. Fresia de Lourdes Salcedo Briones a mi jefe y amigo el Ing. Walter Marmolejo que también ayudó en el proceso

Serrano Chang, Jorge Enrique



## DEDICATORIA

Este trabajo de tesis va dedicado a mi familia que ha sido el pilar fundamental en este proceso académico el cual día a día a tenido que sacrificarse junto a mi para lograr el objetivo especialmente mis padres el Sr Edgar Enrique Serrano Viteri y la Sra. Mercedes Lorena Chang Salcedo a mi esposa y compañera de vida la Dra. Maritza Johanna Mendieta bustos mis hijos que son mi mayor tesoro Johan y Jorman Serrano Mendieta mis hermanos la Srta. Brigith Lorena Serrano Chang y el Dr. Edgar Andrés serrano Chang también quiero dedicar este título a mi suegro parte fundamental del proceso por sus concejos que siempre sirven el Sr Heraclio Ricardo Mendieta Toasa y por último a la persona más especial para mí y que siempre está presente desde el cielo y la cual agradezco mi crianza por lo cual quiero dedicar este triunfo también a la sra fresia de Lourdes Salcedo briones.

Serrano Chang, Jorge Enrique



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f. \_\_\_\_\_

Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo, PhD.

Director de Carrera

f. \_\_\_\_\_

Ing. Ubilla González, Ricardo Xavier MSc.

Coordinador de Titulación

f. \_\_\_\_\_

Ing. Heras Sánchez, Miguel Armando MSc.

Oponente

Guayaquil, a los 14 días del mes de febrero del año 2024

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIV
INDICE DE TABLAS.....	XVII
Resumen.....	XVIII
Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación.....	2
1.1 Introducción.....	2
1.2 Antecedentes.....	2
1.3 Definición del Problema.....	3
1.4 Justificación del Problema.....	3
1.5 Objetivos del Problema de Investigación.....	4
1.5.1 Objetivo general.....	4
1.5.2 Objetivos específicos.....	5
1.6 Hipótesis.....	5
1.7 Metodología de Investigación.....	5
Capítulo 2: Fundamentación Teórica.....	7
2.1 Importancia de las protecciones eléctricas en subestaciones.....	7
2.1.1 Mejorar las características del sistema de protección de la subestación.....	9
2.1.2 Proceso de instalación del sistema de protección de la subestación.....	11
2.1.3 Medidas de seguridad que se deben tomar al instalar el sistema de protección de la subestación.....	13
2.1.4 Garantizar el mantenimiento efectivo del sistema de protección de la subestación.....	15
2.2 Mecanismos de protección existentes en las subestaciones.....	16

2.2.1 Falencias de los sistemas actuales en términos de confiabilidad .....	17
2.2.2 Interacción de los componentes de la subestación entre sí .....	18
2.2.3 Monitoreo del reconectador en las subestaciones .....	20
2.2.4 Dispositivos de reconexión que se utilizan en las subestaciones .....	21
2.2.5 Criterios para seleccionar los dispositivos de protección adecuados .....	23
2.3 Sistema de protección por relé Reyrolle y su importancia en las subestaciones.....	24
2.3.1 Beneficios y limitaciones del sistema de protección de relé Reyrolle .....	26
Capítulo 3: Aportes de la investigación .....	28
3.1 Análisis de la Estructura y Configuración de la Subestación Ventanas ..	29
3.2 Operación de los Dispositivos de Reconexión y Protección .....	31
3.3 Panel de monitoreo del Reconectador .....	33
3.4 Funciones y rol del Sistema de Protección del relé Reyrolle en la Subestación .....	34
3.4.1 Configuraciones de protección utilizadas en los Alimentadores de la Subestación Ventanas .....	36
3.4.1.1 Parámetros y configuraciones de Protección en los relés .....	38
3.4.1.2 Optimización de la Funcionalidad del ajuste de Protección contra sobre corriente Temporizada en la Fase 51F .....	38
3.4.1.3 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en defensa inmediata ante Corrientes excesivas para la Protección 50F .....	40

3.4.1.4 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en protección de sobre corriente en el Conductor Neutro (51N).....	41
3.4.1.5 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en defensa inmediata ante Corrientes excesivas para la el Neutro 50N .....	42
3.4.1.6 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en protección automática 79 .....	43
3.4.1.7 Resguardo frente a bajas Frecuencias en el Sistema Nacional Interconectado Protección 81 (SNI) .....	44
3.5 Configuración de la protecciones de los alimentadores .....	45
3.5.1 Configuración del alimentador eléctrico de Ventanas Sur .....	46
3.5.2 Configuración del alimentador eléctrico de Lechugal.....	49
3.5.3 Configuración del alimentador eléctrico de Los Ángeles.....	53
3.5.4 Configuración del alimentador eléctrico de Ventanas Centro....	56
Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones .....	60
4.1 Conclusiones .....	60
4.2 Recomendaciones .....	61
Bibliografías .....	62
Anexo 1 .....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Capítulo 2

<b>Figura 2.1:</b> Protecciones eléctricas de las subestaciones. ....	7
<b>Figura 2.2:</b> Sistema de puesta a tierra para las subestaciones eléctricas AC. .....	10
<b>Figura 2.3:</b> Diagrama eléctrico básico de una subestación eléctrica. ....	12
<b>Figura 2.4:</b> Equipo Magnum DS para subestaciones eléctricas resistente al arco. ....	14
<b>Figura 2.5:</b> Diagrama de una sola línea de 33/11 kV de 440V de una subestación. ....	15
<b>Figura 2.6:</b> Transformador de tipo PT, VT y CT. ....	18
<b>Figura 2.7:</b> Gabinete de control y controlador de reconectador eléctrico. ....	20
<b>Figura 2.9:</b> Reconectador eléctrico de poste. ....	22
<b>Figura 2.10:</b> Ciclo de desarrollo de los relés de protección eléctrica. ....	25
<b>Figura 2.11:</b> Estándar de comunicaciones Ethernet IEC 61850. ....	26

### Capítulo 3

<b>Figura 3.1:</b> Medidor principal de la Subestación de Ventanas. ....	31
<b>Figura 3.2:</b> Reconectador del Alimentador de Zapotal de Ventanas. ....	32
<b>Figura 3.3:</b> Partes del Tablero de control del reconectador. ....	33
<b>Figura 3.4:</b> Relé de protección de la marca Reyrolle. ....	35
<b>Figura 3.5:</b> Consumo del Alimentador de Ventanas. ....	39
<b>Figura 3.6:</b> Panel de configuraciones del alimentador de Ventanas Sur. ....	46
<b>Figura 3.7:</b> Ajustes de protecciones del alimentador de Ventanas Sur. ....	47

<b>Figura 3.8:</b> Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Ventanas Sur. ....	48
<b>Figura 3.9:</b> Panel de configuraciones del alimentador de Lechugal. ....	49
<b>Figura 3.10:</b> Ajustes de protecciones del alimentador de Lechugal.....	50
<b>Figura 3.11:</b> Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Lechugal. ....	51
<b>Figura 3.12:</b> Configuración de frecuencias de las protecciones del alimentador de Lechugal.....	52
<b>Figura 3.13:</b> Panel de configuraciones del alimentador de Los Ángeles. ....	53
<b>Figura 3.14:</b> Ajustes de protecciones del alimentador de Los Ángeles.....	54
<b>Figura 3.15:</b> Configuración de frecuencias de las protecciones del alimentador de Los Ángeles. ....	55
<b>Figura 3.16:</b> Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Los Ángeles. ....	56
<b>Figura 3.17:</b> Panel de configuraciones del alimentador de Ventanas Centro. ....	57
<b>Figura 3.18:</b> Ajustes de protecciones del alimentador de Ventanas Centro.	58
<b>Figura 3.19:</b> Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Ventanas Centro. ....	59

## **Anexos**

<b>Figura A1:</b> Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Zapotal parte 1 .....	70
<b>Figura A2:</b> Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Zapotal parte 2 .....	70

<b>Figura A3:</b> Reconectador eléctrico de 13.8 kv de Zapotal.....	71
<b>Figura A4:</b> Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Los Ángeles .....	71
<b>Figura A5:</b> Reconectador eléctrico de 13.8 kv de Ventanas Centro .....	72
<b>Figura A6:</b> Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Ventanas Centro .....	72
<b>Figura A7:</b> Reconectador eléctrico de 13.8 kv de Ventanas Sur .....	73
<b>Figura A8:</b> Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Ventanas Sur .....	73
<b>Figura A9:</b> Diagrama Unifilar General Cnel Ep Un Los Ríos noviembre 2023 .....	74



## INDICE DE TABLAS

**Tabla 2.1:** Parámetros a destacar en las protecciones de subestaciones..... 8

**Tabla 2.2:** Elementos para mejorar las protecciones de subestaciones ..... 11

## Resumen

El presente trabajo de integración curricular se centra en investigar el sistema de protecciones eléctricas en la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel Los Ríos. La problemática principal radica en la necesidad de evaluar en detalle qué tan efectivas son las protecciones que están en este punto clave de la red eléctrica. Se abordan retos técnicos, operativos y de seguridad que deben ser observados con gran atención. Se pretende que este trabajo permita realizar mejoras en la coordinación entre los dispositivos de protección, perfeccionar la capacidad de selección y ajustes de protección, así como al aplicar medidas preventivas y correctivas, se fortalecerá la respuesta del sistema ante posibles fallas eléctricas. La metodología por emplear es la tipo bibliográfica en base a libros, estudios y documentos relevantes para entender mejor cómo funcionan las protecciones eléctricas y aprender de las mejores prácticas y reglas en este campo. Se estudian a fondo los dispositivos de protección que ya están en la subestación Ventanas para ver cómo funcionan ante diversas situaciones.

**Palabras claves:** Puesta a tierra, seguridad eléctrica, infraestructura eléctrica, normativas, protección de equipos.

## ABSTRACT

The present work of curricular integration is focused on investigating the electrical protection system in the Ventanas substation of the Col Los Rios business unit. The main problem lies in the need to evaluate in detail how effective are the protections that are in this key point of the electrical network. Technical, operational and safety challenges are addressed and must be observed with great attention. It is intended that this work will allow improvements in the coordination between protection devices, improve the ability to select and adjust protection, as well as apply preventive and corrective measures to strengthen the system's response to possible electrical faults. The methodology to be used is the bibliographic type based on books, studies and relevant documents to better understand how electrical protections work and learn from the best practices and rules in this field. The protection devices already in place at the Ventanas substation will be studied in depth to see how they work in different situations.

**Keywords:** Grounding, electrical safety, electrical infrastructure, regulations, equipment protection.

# **Capítulo 1: Descripción general del trabajo de titulación**

## **1.1 Introducción**

La electricidad que se utiliza diariamente viaja a través de distintas subestaciones que se encargan de su distribución hacia hogares, oficinas y fábricas. Estos lugares funcionan como estaciones de tren, dirigiendo y protegiendo la electricidad en su trayecto. Para garantizar su correcto funcionamiento, se emplean sistemas de protección, actuando como guardianes que previenen problemas como cortes de luz o daños en los equipos (Pavon et al., 2021).

En la subestación Ventanas, perteneciente a la unidad de negocio Cnel Los Ríos, es crucial verificar su funcionamiento. Un fallo allí no solo afectaría la zona directamente, sino que podría generar repercusiones en áreas circundantes. Por ello, se hace imprescindible analizar detalladamente el desempeño de los sistemas de protección en esta subestación, realizando ajustes y mejoras acordes a las necesidades y desafíos actuales (Mosguidt Ramos, 2020).

## **1.2 Antecedentes**

A lo largo del tiempo, la subestación Ventanas ha experimentado cambios significativos. Adaptándose a avances tecnológicos y un mayor requerimiento de electricidad, es probable que haya incorporado nuevas tecnologías para controlar y proteger la energía, especialmente en lo referente a las protecciones.

Inicialmente, las protecciones eran mecánicas y básicas, pero con el tiempo se han convertido en sistemas más complejos, basados en tecnología digital. Estos nuevos métodos son más precisos, rápidos y efectivos para encontrar problemas de electricidad. Las protecciones ahora son más versátiles y pueden comunicarse con mayor fluidez entre sí para proteger el sistema (Vegunta et al., 2021).

Sin embargo, estas tecnologías sofisticadas presentan obstáculos adicionales. La complejidad y la interconexión de las redes eléctricas hace que sea difícil comprender cómo responderán las protecciones en diferentes situaciones de emergencia. Podrían surgir problemas que pongan en peligro la confiabilidad del suministro si esto no se comprende bien (Pavon et al., 2021).

### **1.3 Definición del Problema**

La problemática principal radica en la necesidad de evaluar en detalle qué tan efectivas son las protecciones que están en este punto clave de la red eléctrica. Se abordan retos técnicos, operativos y de seguridad que deben ser observados con gran atención. Con las redes eléctricas volviéndose más complicadas, los avances tecnológicos constantes y la presión para mantener el suministro de energía sin interrupciones, es vital evaluar meticulosamente cómo están funcionando estas protecciones en esta subestación.

### **1.4 Justificación del Problema**

Revisar el sistema de protecciones en la subestación Ventanas es crucial por varias razones:

- Mantener el flujo de electricidad, interrumpir la electricidad sin previo aviso tendría un impacto significativo en la zona, especialmente en lugares críticos como hospitales, industrias y hogares. Por lo cual, se hace esencial evaluar y reforzar las protecciones para mantener el suministro eléctrico sin cortes.
- Hacer que el sistema sea más eficiente, la subestación tiene que adaptarse al aumento de la demanda de electricidad y a los avances en tecnología. Mejorar el funcionamiento de las protecciones permite actuar más rápido y de forma más específica ante posibles problemas o circunstancias, reduciendo el tiempo sin electricidad y haciendo que todo funcione de una forma correcta.
- Proteger la operación y los equipos, las protecciones no solo mantienen la electricidad fluyendo, sino que también protegen los equipos y la infraestructura. Si las protecciones no están actualizadas de forma correcta o si no son efectivas, pueden causar una serie de problemas de seguridad y generar daños a los equipos.
- Adaptarse a la tecnología, ya que siempre está avanzando, por eso se necesita revisar periódicamente para incorporar sistemas más modernos. Las protecciones deben poder adaptarse a estos cambios para mantener la energía confiable y segura.

## **1.5 Objetivos del Problema de Investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Analizar el sistema de protecciones eléctricas en la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel Los Rios es mejorar la manera en que funcionan estas protecciones.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Examinar las protecciones ya instaladas en la subestación Ventanas para saber qué tan rápido y bien responden ante problemas eléctricos.
- Identificar los puntos débiles o problemas en las protecciones, así como descubrir riesgos que puedan interrumpir o afectar la seguridad del suministro eléctrico.
- Determinar las protecciones eléctricas, sugiriendo ajustes o cambios que aseguren un funcionamiento más seguro y efectivo del sistema.
- Verificar cómo el sistema de protección responde a cambios bruscos o problemas eléctricos.

### **1.6 Hipótesis**

Al indagar en el sistema de protección eléctrica de la subestación Ventanas de la unidad de negocios Cnel Los Ríos, se plantea la hipótesis de que un análisis detallado y la implementación de ajustes específicos en dicho sistema mejorarán significativamente la eficiencia, confiabilidad y seguridad del suministro eléctrico de la subestación. Se pretende que, al realizar las mejoras en los dispositivos de protección, permitirá perfeccionar la capacidad de selección y ajuste de protecciones, así como aplicar medidas preventivas y correctivas, lo cual fortalecerá la respuesta del sistema ante posibles fallas eléctricas en el sistema.

### **1.7 Metodología de Investigación**

- En la metodología de investigación bibliográfica se busca en libros, estudios y documentos relevantes para entender mejor cómo funcionan

las protecciones eléctricas y aprender de las mejores prácticas y reglas en este campo (Córdoba et al., 2023).

- En la metodología de análisis de dispositivos se estudian a fondo los dispositivos de protección que ya están en la subestación Ventanas para ver cómo funcionan, qué tan bien responden a problemas y cuán efectivos son (Piesciorovsky et al., 2023).
- En la metodología de riesgos se basa a partir del análisis anterior, se buscan problemas y se identifican riesgos que podrían interrumpir o afectar la seguridad del suministro eléctrico (Rathebe & Mbazima, 2023).
- En la metodología de innovación y mejora se crean ideas para mejorar el sistema de protecciones para hacer que funcione mejor y sea más seguro.

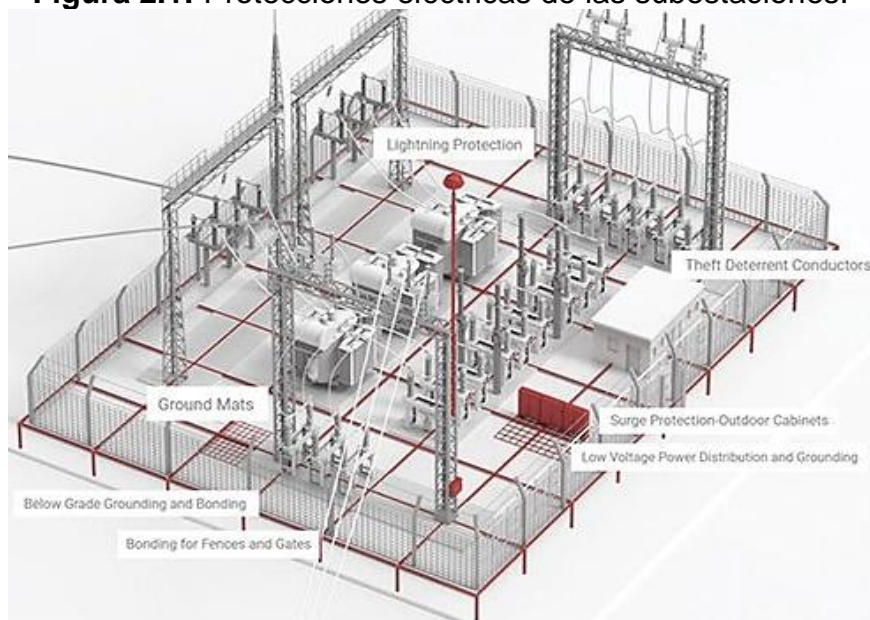


## Capítulo 2: Fundamentación Teórica

### 2.1 Importancia de las protecciones eléctricas en subestaciones

Las protecciones de electricidad son fundamentales para garantizar la seguridad y fiabilidad de las subestaciones de electricidad, ya que existe el peligro de daños o interrupciones en las zonas en donde se implementan. Con el fin de resguardar a la gente y los equipos, se emplean relés de defensa, que son instrumentos especializados en hallar y diferenciar las posibles dificultades del resto del sistema (Tydelectric, 2023).

**Figura 2.1:** Protecciones eléctricas de las subestaciones.



Fuente: (Powermag, 2023)

Estos relés hacen una medición de diferentes características de electricidad, como es el caso de la magnitud, el periodo, la corriente, el impedancia y los grados de fase. En el momento en que valoran estos parámetros, los relés logran determinar si el sistema se encuentra en

condiciones habituales o si ha ocurrido algún contratiempo. Si hay alteraciones en alguno de los parámetros en cuestión, se manda un aviso a los interruptores de seguridad, esto proporciona información fundamental acerca del sitio y la clase de inconveniente. Es fundamental establecer con exactitud los relés de protección para que la seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico en general sea garantizada. Además, es necesario ejecutar pruebas regulares a estos artefactos para estar seguro de que funcionan apropiadamente y supera las expectativas (Secoin, 2023).

**Tabla 2.1:** Parámetros a destacar en las protecciones de subestaciones

<b>Elemento</b>	<b>Sinopsis</b>
<b>Importancia</b>	Protecciones eléctricas son cruciales para garantizar seguridad y fiabilidad en subestaciones, donde riesgo de daños o interrupciones es alto.
<b>Dispositivo</b>	Se usan relés de defensa como herramientas especializadas para proteger a personas y equipos, detectando y aislando problemas en el sistema eléctrico.
<b>Medición Parámetros</b>	Relés miden magnitud, periodo, corriente, impedancia y grados de fase, evaluando el estado del sistema y detectando posibles contratiempos.
<b>Alerta Problemas</b>	Ante cambios en parámetros, interruptores reciben señales de alerta, brindando información crucial sobre ubicación y naturaleza de problemas.
<b>Configuración</b>	Configuración precisa de relés es esencial para asegurar seguridad y fiabilidad del sistema eléctrico.

<b>Pruebas Periódicas</b>	Pruebas regulares a relés son necesarias para verificar su correcto funcionamiento y cumplimiento de estándares.
<b>Fiabilidad</b>	Fiabilidad es requisito crucial en configuración de interruptores de protección, asegurando respuestas rápidas y precisas ante posibles fallas.
<b>Protección</b>	Relés desempeñan papel clave en protección de transformadores de subestaciones, evitando sobrecalentamientos y enfrentando problemas prolongados, especialmente fallas internas y sobreesfuerzo.

Elaborada por: Autor

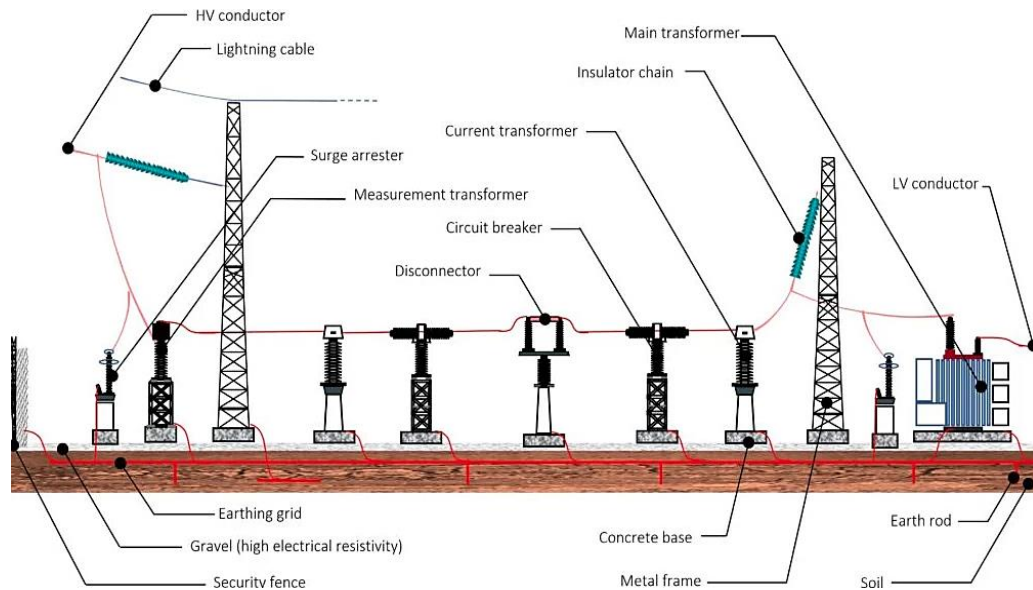
La fiabilidad se estima como la necesidad más importante en la conformación de los interruptores de protección en sistemas de electricidad. Esto fue generado debido a la necesidad de que estos dispositivos reaccionen de manera ágil y precisa en el caso de una errata, resaltando la importancia fundamental de las protecciones de electricidad dentro del ámbito de las subestaciones. Además de cuidar del sistema en general, los relés tienen un rol importante dentro de la protección de los transformadores de la subestación, previniendo sobrecalentamiento y garantizando problemas de afuera que sean prolongados, particularmente aquellos relacionados con fallas del interior y sobreesfuerzo (Polanco, 2020).

### **2.1.1 Mejorar las características del sistema de protección de la subestación**

Los sistemas de protección de subestaciones eléctricas se pueden mejorar de varias maneras. El objetivo principal es garantizar la seguridad del

sistema y sus componentes. Esto se puede hacer diseñando el sistema de tal manera que sea necesario incorporar menos elementos. Además, el sistema de protección debe ser capaz de detectar fallas dentro del sistema de manera rápida y precisa. Esto evitará viajes innecesarios, que pueden tener un efecto negativo en el rendimiento del sistema. Además, el sistema debe ser capaz de aislar cualquier falla, protegiendo los motores e interruptores de cualquier daño (Ding et al., 2022).

**Figura 2.2:** Sistema de puesta a tierra para las subestaciones eléctricas AC.



Fuente: (Kingsmillindustries, 2022)

La confiabilidad también es un factor clave a la hora de mejorar las características del sistema de protección de la subestación. Esto significa que el sistema debe poder realizar su función correctamente cuando sea necesario y evitar operaciones o mal funcionamiento innecesarios. Finalmente, también habrá que aumentar la protección o defensa que se le dará al transformador de la subestación, específicamente frente a fallas en el

interior y sobrecalentamientos, ocasionados por sobrecargas. Todas estas acciones pueden colaborar a aumentar la fiabilidad del sistema y proveer una mayor fiabilidad del sistema (Peralta et al., 2022).

**Tabla 2.2:** Elementos para mejorar las protecciones de subestaciones

<b>Elemento</b>	<b>Sinopsis</b>
<b>Mejora del Sistema</b>	La optimización de los sistemas de protección en subestaciones eléctricas es clave para garantizar seguridad y rendimiento. Reducir la complejidad y mejorar la detección de fallas son cruciales para prevenir viajes innecesarios y proteger los componentes del sistema.
<b>Eficiencia en Detección</b>	La rápida detección y aislamiento de fallas es fundamental para evitar impactos negativos en el rendimiento general del sistema.
<b>Confiabilidad</b>	La fiabilidad del sistema de protección radica en su capacidad para operar de manera precisa cuando sea necesario, evitando operaciones no deseadas.
<b>Protección del Transformador</b>	Reforzar la seguridad del transformador frente a fallas internas y sobrecalentamientos causados por sobrecargas es esencial para mejorar la confiabilidad del sistema de protección en la subestación.

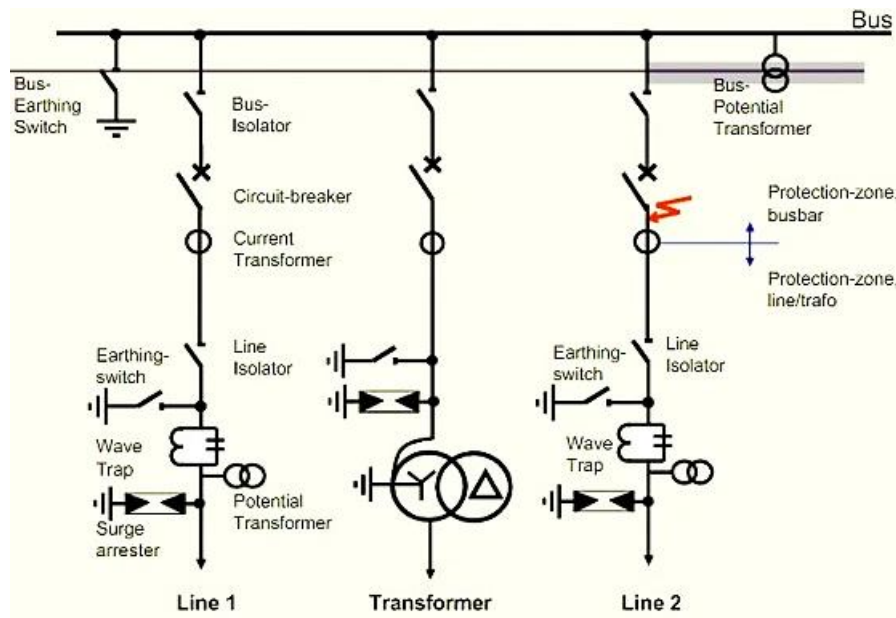
Elaborada por: Autor

### **2.1.2 Proceso de instalación del sistema de protección de la subestación**

El proceso de instalación de sistemas de protección en subestaciones es una tarea muy detallada y cuidadosamente diseñada, considerando la complejidad inherente que implica. Este método abarca múltiples etapas que

abarcan la instalación y vinculación de sistemas de protección, control y comando, así como la configuración, ajuste e inicio de los esquemas de protección. Cada fase cumple una función vital para garantizar el funcionamiento seguro y eficaz de toda la subestación (Hosseini, 2020).

**Figura 2.3:** Diagrama eléctrico básico de una subestación eléctrica.



Fuente: (Rabert, 2023)

A la hora de la instalación y conexión, es absolutamente vital realizar los sistemas de control y mando con la máxima precisión. Estos elementos juegan un papel crucial para garantizar la integridad y seguridad generales de la subestación. Se vuelve imperativo verificar cuidadosamente la correcta instalación y conexión de cada componente, ya que cualquier tipo de falla podría tener consecuencias graves (Ritonga et al., 2022).

En el transcurso de este procedimiento, damos especial atención al cableado, asegurándonos de que cada conexión esté adecuadamente aislada

para evitar posibles percances eléctricos. Las fases cruciales de establecimiento y perfeccionamiento de los mecanismos de seguridad exigen una atención meticulosa y es imperativo que se ajusten minuciosamente para alcanzar el grado de protección deseado (Ibrahim et al., 2020).

La puesta en servicio del sistema es un hito importante en el proceso de instalación. Este paso no sólo garantiza que el sistema esté funcionando como se esperaba, sino que también ofrece el nivel de protección deseado. Ser preciso y cuidadoso en cada etapa del proceso de instalación es vital para garantizar que el sistema de protección de la subestación funcione de manera óptima y mantenga su integridad durante mucho (Durocher et al., 2021).

### **2.1.3 Medidas de seguridad que se deben tomar al instalar el sistema de protección de la subestación**

Durante la instalación de sistemas de protección de subestaciones, se deben considerar medidas de seguridad para proteger el sistema del acceso no autorizado y condiciones peligrosas. Las medidas de seguridad comunes incluyen la instalación de vallas metálicas a una distancia segura. Es fundamental colocar carteles informativos para alertar a las personas de la presencia del sistema de protección y asegurar la subestación para evitar el ingreso de animales. Se recomiendan pruebas de inyección periódicas para evaluar el desempeño del sistema de protección de la subestación. Estas pruebas incluyen la evaluación del desempeño de relés, devanados, paneles protectores y equipos secundarios para garantizar que el esquema de protección cumpla con los niveles de desempeño (Hussain et al., 2021).

**Figura 2.4:** Equipo Magnum DS para subestaciones eléctricas resistente al arco.



Fuente: (Eaton, 2024)

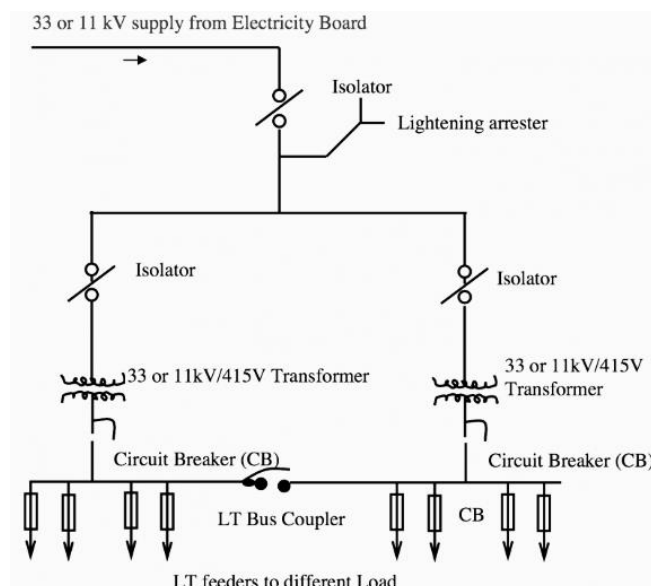
La normativa prevé dos niveles de accesibilidad para la conservación: Tipo 1 y Tipo 2. Eaton ofrece opciones de subestaciones controladas de media tensión resistentes a arcos, incluidas las de tipo 2, 2B y 2C ANSI/IEEE C37.20.7 establece estándares para pruebas de resistencia al arco de componentes de subestaciones de control. El sufijo C se asigna a equipos que requieren aislamiento de los efectos de fallas de arco interno entre compartimentos adyacentes. El tipo 2 proporciona protección en todos los lados de los componentes de la subestación de control. El sufijo D está diseñado para instalaciones donde el acceso a ciertas superficies externas del equipo es inaccesible y no se requiere un diseño Tipo 2. Se agregan sufijos para definir el rendimiento del arco en salas de control y entre secciones verticales, con el sufijo B indicando equipos que requieren la apertura de puertas o cubiertas de instrumentación o sala de control de bajo voltaje para su funcionamiento normal (Webb et al., 2020).



## 2.1.4 Garantizar el mantenimiento efectivo del sistema de protección de la subestación

Para mantener el sistema de protección de la subestación en buen funcionamiento, es importante seguir una variedad de prácticas de mantenimiento que abarcan medidas preventivas, predictivas y correctivas. Para lograr una eficiencia óptima, es fundamental contar con planos eléctricos elaborados y certificados por un ingeniero especializado, debidamente registrado y calificado. El registro de mantenimiento debe estar compuesto por informes técnicos, certificaciones y resultados de análisis fisicoquímicos del aceite. Mantener actualizados los planos eléctricos de la subestación es increíblemente importante. Es fundamental actualizarlos periódicamente, ya que no hacerlo puede provocar una entrada excesiva de electricidad en el sistema. Esto pone al equipo en gran riesgo, provocando cortes de energía y, en última instancia, disminuyendo la confiabilidad (Rodríguez, 2022).

**Figura 2.5:** Diagrama de una sola línea de 33/11 kV de 440V de una subestación.



Fuente:(EEP, 2020)

La implementación de estrategias adecuadas para mantener el sistema de protección de la subestación no solo garantiza su confiabilidad, sino que también lo prepara para cualquier posible aumento de los requisitos. Además, renovar los transformadores dándoles una nueva capa de pintura es una medida fundamental para protegerlos del óxido y prolongar su utilidad. Además, la aplicación de pintura en toda la subestación contribuye a preservar la estabilidad general de otras construcciones dentro de la instalación. Estos diversos esfuerzos son imperativos para garantizar la seguridad, confiabilidad y eficacia duraderas del sistema de protección de la subestación (Hernández & Jesús, 2023).

## **2.2 Mecanismos de protección existentes en las subestaciones**

Para asegurar de que las subestaciones sigan funcionando sin problemas y sean seguras, se implementan una serie de medidas de protección. Una gran parte de estas medidas es contar con sistemas de respaldo en caso de que algo salga mal con los sistemas principales. Estos sistemas de respaldo están diseñados de manera muy inteligente para que, si el sistema principal está fuera de servicio por algún motivo, como si necesita mantenimiento o calibración, el equipo permanezca protegido por el sistema de respaldo. Las protecciones de respaldo no son exactamente iguales a los relés principales, pero si tienen configuraciones que funcionan en conjunto con las protecciones principales cuando no se utilizan (Lazón & Mitma, 2021).

Los sistemas de respaldo generalmente se emplean por períodos más cortos, particularmente durante intervenciones que pueden durar sólo unas

pocas horas. Este enfoque tiene una inmensa importancia ya que facilita la realización de pruebas y mantenimiento de rutina sin poner en peligro la funcionalidad de la subestación. A lo largo de este procedimiento, los bloques de prueba asumen una función crítica al segregar las señales de corriente y voltaje, permitiendo así la verificación de protecciones sin necesidad de desactivar el equipo. Tal disposición no sólo garantiza la confiabilidad de los mecanismos de protección, sino que también mejora la seguridad del personal de mantenimiento involucrado en estas tareas (Landeo, 2023).

### **2.2.1 Falencias de los sistemas actuales en términos de confiabilidad**

Aunque los sistemas actuales se esfuerzan mucho por garantizar que todo sea seguro comprobando si hay fallas y teniendo sistemas de respaldo, todavía existen algunos problemas importantes con la confiabilidad que deben abordarse. Uno de los principales problemas es que los sistemas de protección de respaldo pueden fallar debido a problemas con los sensibles circuitos de cierre de contactos auxiliares. Cuando esto sucede, se vuelve realmente difícil detectar con precisión cuando algo sale mal, lo que significa que la respuesta del sistema a problemas eléctricos reales podría no funcionar como se supone que debe hacerlo (Permana & Sesa, 2022).

Además, cuando ocurren fallas en el sistema, existe la posibilidad de pérdida de señal de transformadores de instrumentación importantes, como transformadores de corriente (CT) o transformadores de potencial (PT). Esta pérdida de señal es extremadamente importante, ya que sirve como entrada principal para que los sistemas de protección detecten y identifiquen fallas

dentro de la red. Además, cabe señalar que las operaciones de los equipos tampoco son inmunes a las fallas, y dichas fallas pueden tener un impacto sustancial en la confiabilidad general de los sistemas de protección secundarios o de respaldo (Díaz, 2020).

**Figura 2.6:** Transformador de tipo PT, VT y CT.



Fuente: (Industrysurfer, 2023)

Las vulnerabilidades existentes se ven agravadas por la posibilidad de fallos en los relés, que podrían impedir que los mecanismos de disparo funcionen correctamente. Esto no sólo pone en riesgo la capacidad de separar la parte fallida de la red, sino que también conlleva el peligro de dañar el sistema o incluso provocar inestabilidad en toda la red. Además, cuando se produce una apertura de circuito en los circuitos de disparo del interruptor de alimentación, se puede obstruir la desconexión adecuada de los segmentos defectuosos, dejando el sistema expuesto a peligro incluso con medidas de protección secundarias implementadas (Grados & Rodríguez, 2021).

### **2.2.2 Interacción de los componentes de la subestación entre sí**

En la compleja estructura de una central eléctrica, es fundamental que las diferentes partes trabajen juntas para mantener y controlar el sistema

eléctrico de forma eficaz. Una pieza clave en esta situación es el pararrayos, que siempre está conectado al sistema y monitorea continuamente cualquier aumento repentino de electricidad. Su principal responsabilidad es salvaguardar la central eléctrica redirigiendo la corriente adicional al suelo a través de una chispa eléctrica creada entre las bujías cuando el voltaje supera un cierto límite. Este procedimiento juega un papel vital a la hora de proteger tanto a los trabajadores como a la maquinaria delicada de cualquier efecto nocivo causado por los rayos ionizados, garantizando así que todo funcione sin problemas (Cevallos & German, 2023).

Al mismo tiempo, las paletas del fusible desempeñan dos funciones importantes en el conjunto de componentes de la subestación. Sirven como conectores y seccionadores, permitiendo gestionar de forma segura los circuitos eléctricos. Esto permite realizar mantenimiento y modificaciones sin alterar la estabilidad del sistema. Además, estas láminas también actúan como escudo para el dispositivo fusible, protegiéndolo de cualquier situación de sobre corriente. Este doble papel enfatiza su importancia para salvaguardar las subestaciones, garantizar una reacción rápida ante cualquier evento de sobre corriente y reducir el daño potencial a la infraestructura (Carrillo, 2022).

La forma en que interactúan el pararrayos y las paletas del fusible muestra cómo funcionan juntos los componentes de una subestación. Cada parte tiene un papel importante en la protección de la red eléctrica de perturbaciones que ocurren con frecuencia. Este trabajo en equipo pone de

relieve la necesidad de sinergia para garantizar la seguridad y eficacia general de la subestación (Sornoza & Llosas, 2022).

### 2.2.3 Monitoreo del reconectador en las subestaciones

El panel de monitoreo del reconectador juega un papel vital en la operación y gestión efectiva de las subestaciones, gracias a sus capacidades avanzadas de monitoreo y control remoto. Este sistema se centra alrededor del gabinete de control, que es un componente esencial de la funcionalidad del reconectador. Dentro de este gabinete, hay un capacitor diseñado específicamente para producir un pulso de corriente preciso. La importancia de este pulso radica en su capacidad de viajar a través del solenoide de cierre, desencadenando una serie de acciones mecánicas que finalmente conducen al cierre del reconectador (Navarro, 2023).

**Figura 2.7:** Gabinete de control y controlador de reconectador eléctrico.



Fuente: (Dielco, 2023)

El reconectador, por sí solo, cumple una función crucial en las subestaciones al servir como mecanismo de interrupción de carga eléctrica.

No sólo detiene el flujo de corrientes defectuosas, sino que también posee la extraordinaria capacidad de reconectarse automáticamente, restableciendo así el circuito si se han resuelto problemas momentáneos. Las capacidades del panel de monitoreo se ven mejoradas aún más por su variedad de transformadores de corriente y sensores de voltaje, que colaboran armoniosamente para proporcionar información en tiempo real sobre las características eléctricas de la línea de distribución. Estos valiosos datos se transmiten luego al relé de control y protección, al que se le ha confiado la tarea continua de observar diligentemente la línea de distribución, garantizando una rápida detección y resolución de cualquier anomalía (Gordillo, 2022).

Además, la amplia gama de protecciones ajustables del panel se puede personalizar para satisfacer los requisitos específicos de la subestación, ya sea a través del panel de control presente en el sitio o accediendo a una PC a distancia. Esto permite la adaptabilidad necesaria para mantener la confiabilidad del sistema de distribución de energía. Estos elementos se incorporan perfectamente en un sistema cohesivo que garantiza la operación y el monitoreo remotos del reconectador, lo que significa un cambio hacia un marco eléctrico más inteligente y reactivo (Chaname, 2021).

#### **2.2.4 Dispositivos de reconexión que se utilizan en las subestaciones**

En el intrincado ámbito de las subestaciones, existen artilugios notables conocidos como dispositivos de reconexión. Estos dispositivos desempeñan un papel fundamental a la hora de mantener la estabilidad y fiabilidad de la

red eléctrica. Entre estos dispositivos, los reconectores brillan con su exclusiva doble funcionalidad. Estos extraordinarios dispositivos no sólo poseen el poder de detener el flujo de corriente durante las fallas, sino que también poseen una asombrosa capacidad para restaurar espontáneamente la conexión una vez que se corrige la falla. Esta característica automatizada tiene un propósito crucial al reducir la duración de los cortes de energía y, en consecuencia, mejora la solidez del sistema de distribución de energía (Mendoza, 2022).

**Figura 2.9:** Reconector eléctrico de poste.



Fuente: (Edaltec, 2021)

Además, es crucial tener en cuenta que los reconectores no son el único aparato empleado para el enlace de fases en las subestaciones. Las cajas de conexiones se utilizan para facilitar una interconexión segura y metódica de varias fases, garantizando la administración eficaz de las complejidades que rodean el circuito eléctrico. Además, sirven como una base robusta para conexiones de fases, proporcionando un marco indispensable



para interconectar y supervisar numerosos circuitos dentro de la subestación. La organización de estos componentes ayuda a mejorar un flujo constante de electricidad y contribuye en gran medida a la estabilidad general del suministro de energía. Cuando se utilizan en conjunto, estos instrumentos cumplen una función importante para garantizar que las subestaciones sean capaces de supervisar y distribuir energía eléctrica de manera efectiva y confiable (Quintero, 2021).

### **2.2.5 Criterios para seleccionar los dispositivos de protección adecuados**

En el riguroso proceso de selección de dispositivos de protección destinados a sistemas eléctricos, se torna imperativo considerar aquellos que ofrezcan tanto inteligencia como capacidad de respuesta ante condiciones anormales. En esta perspectiva, el reconectador de circuito automático se destaca como un componente de suma relevancia, proporcionando una solución sofisticada capaz de detectar sobre corrientes e iniciar respuestas oportunas para resguardar la integridad de la red. La autonomía de estos reconectadores los posiciona como elementos esenciales en los sistemas de protección modernos, gracias a su habilidad para aislar automáticamente fallas, reduciendo las interrupciones del servicio y preservando la robustez de la infraestructura eléctrica (Lu et al., 2020).

Al observar el panorama general, es importante considerar cuidadosamente los gabinetes de control en el proceso de selección. Estos gabinetes sirven como un hogar crucial para relés de protección, sistemas de

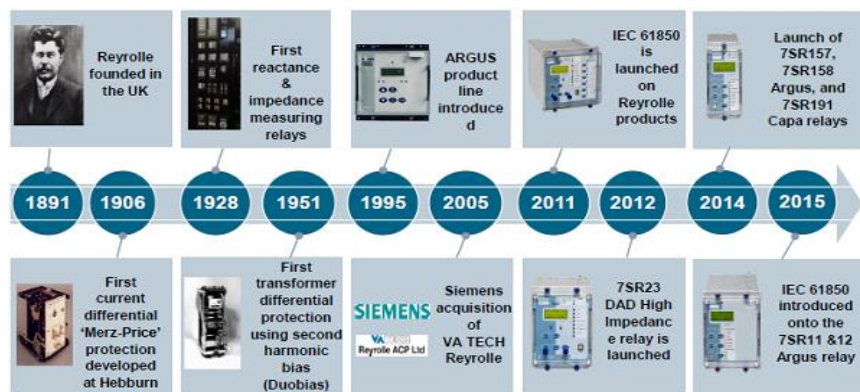
control, alarmas y dispositivos de medición. A través de su armoniosa colaboración, estos elementos aseguran un monitoreo continuo del componente protegido en la red eléctrica, protegiéndolo de posibles accidentes. Además, los relés de protección dentro de estos gabinetes muestran su adaptabilidad al realizar una variedad de funciones como detectar fallas, monitorear canales y verificar la fase y sincronización de la red. Estas funciones son vitales para mantener la estabilidad del sistema y proteger contra daños los valiosos equipos de la subestación. Al tomar una decisión sobre qué dispositivos de protección elegir, es crucial considerar el equilibrio entre las capacidades de cada componente, como el reconectador de circuito automático, y la funcionalidad general de los gabinetes de control y sus relés integrados. Esto asegura que el sistema eléctrico esté completamente protegido y funcione de manera efectiva (Lamandi et al., 2020).

### **2.3 Sistema de protección por relé Reyrolle y su importancia en las subestaciones**

El sistema de protección de relés Reyrolle, específicamente los modelos Argus 7SR51 y 7SR157, juega un papel crucial para garantizar el buen funcionamiento de las subestaciones. Entre estos modelos, el dispositivo 7SR51 brilla por su flexibilidad, combinando funciones de alimentación y protección contra sobre corriente con capacidades de comunicación de vanguardia. Estas capacidades abarcan la utilización de comunicaciones Ethernet estándar IEC 61850 para un intercambio de datos efectivo. En nuestra era actual de redes eléctricas contemporáneas, donde el intercambio

de datos rápido y confiable tiene un valor inmenso para los sistemas de monitoreo y control, esta integración adquiere una importancia primordial. El modelo 7SR157 Argus está diseñado con una finalidad específica que es facilitar el cierre controlado de los interruptores automáticos. Esta característica juega un papel crucial en la mejora de la estabilidad y seguridad de la red eléctrica (Parra, 2022).

**Figura 2.10:** Ciclo de desarrollo de los relés de protección eléctrica.



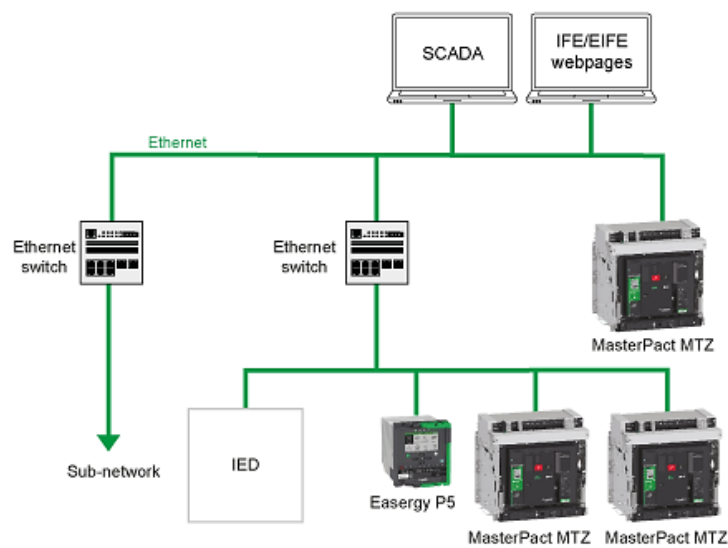
Fuente: (Elec, 2023)

La idea principal detrás de la filosofía de diseño de este sistema es facilitar la gestión de inventario limitando la cantidad de opciones de productos. Sin embargo, aún cumple con todos los requisitos operativos al permitir a los usuarios establecer sus propios umbrales para el suministro de energía y las entradas. Este enfoque tiene varias ventajas porque no sólo simplifica el proceso de instalación y mantenimiento del sistema, sino que también garantiza que las subestaciones tengan un sistema de protección flexible que pueda manejar varios tipos de fallas de manera efectiva. De esta manera, garantiza la seguridad y eficiencia de la distribución de energía mientras protege los equipos involucrados (Paiva, 2022).

### 2.3.1 Beneficios y limitaciones del sistema de protección de relé Reyrolle

El sistema de protección de relés Reyrolle es ampliamente reconocido por su diseño resistente y duradero, lo que lo convierte en un componente esencial en las subestaciones eléctricas. Su objetivo principal es garantizar el funcionamiento fluido y seguro de la red. Con una gama de productos como Argus, Duobias, Solkor, Rho y más, este sistema proporciona soluciones de protección integrales que están diseñadas específicamente para satisfacer las necesidades de diversas aplicaciones tanto en los mercados de distribución como en entornos industriales (Jia et al., 2021).

**Figura 2.11:** Estándar de comunicaciones Ethernet IEC 61850.



Fuente: (Schneider, 2020)

El desarrollo de los productos numéricos de Reyrolle, específicamente el Reyrolle 5, aporta grandes beneficios a los operadores del sistema. Incluye funciones avanzadas como comunicaciones Ethernet IEC 61850, algoritmos confiables y mejoras de ciberseguridad que ahora se consideran normales.

Además de su función principal de protección, Reyrolle 5 desempeña un papel crucial en el control, monitorización y medición de redes eléctricas. Esto aumenta la confiabilidad y sostenibilidad general del sistema eléctrico y al mismo tiempo mejora la seguridad del personal operativo (Aftab et al., 2020).

El sistema en cuestión ofrece soluciones versátiles que son capaces de adaptarse a los requisitos cambiantes de un mercado energético más descentralizado y digitalizado. Además, ayuda en la digitalización de las subestaciones con su diseño fácil de usar, infundiendo una sensación de confianza y reduciendo las discrepancias en los pedidos. Como resultado, se presenta como una opción con visión de futuro para los sistemas energéticos modernos. Sin embargo, es crucial reconocer que la discusión actual no ha profundizado en las posibles limitaciones del sistema de protección del relé Reyrolle. Esto sugiere un área que merece una mayor investigación para obtener una comprensión integral de su aplicación en subestaciones eléctricas (Nan et al., 2020).

### **Capítulo 3: Aportes de la investigación**

El procedimiento utilizado para llevar a cabo el proyecto fue dividido en varias etapas que se explicarán en detalle a continuación:

- El proyecto se inició con un estudio detallado de la topología de la subestación Ventanas, donde se enumeró sus partes y la manera en la que se interrelacionaban. Este paso fue importante para entender la base fundamental y las particularidades de la estación.
- Se hizo una investigación específica de la manera en que opera el reconector y el dispositivo de protección en la subestación. Este estudio dio una información detallada acerca de la manera en la que estos artefactos hacen un gran esfuerzo por preservar los sistemas de electricidad.
- Se hizo una revisión de los diferentes tipos de protección contra sobretensiones que se encuentran en los alimentadores de la base. Este paso hizo posible delimitar las acciones de mitigación y seguridad que se aplicaron para evitar que el sistema se desplome.
- Se requirió examinar en particular los principios y particularidades aplicadas a los resguardos específicos utilizados en las persianas de protección. Este paso garantizó una comprensión total de las reglas definitorias para la identificación y respuesta a dificultades.
- Una etapa del programa se dedicó al análisis detallado del programa del relé de Reyrolle, teniendo en cuenta su utilización y administración. Este elemento de tecnología es importante para el manejo y control

efectivos de los cortafuegos, de modo que su entendimiento es fundamental.

Todos los pasos de este proceso tuvieron un gran efecto sobre la comprensión del sistema de protección eléctrica en la subestación Ventanas, esto ayudó a ubicar las áreas de mejoramiento y a desarrollar estrategias para aumentar su fiabilidad y desempeño.

### **3.1 Análisis de la Estructura y Configuración de la Subestación Ventanas**

La Subestación Ventanas, estratégicamente ubicada en la estructura operativa de la Unidad de Negocio Los Ríos, se posiciona como un componente esencial en la infraestructura eléctrica regional. Su estructura se basa en cuatro alimentadores de distribución, operando a 13.8 kV, cada uno equipado con sus propios reconectores. Estos reconectores, esenciales para interrumpir y proteger, desempeñan un papel crucial en la preservación del funcionamiento eficiente de la subestación.

- **El alimentador Lechugal:** Este componente estratégico canaliza electricidad hacia el recinto Lechugal y se extiende hasta Zapotal de Ventanas. Con una carga promedio conectada de 1.71 MW, su función es vital para el abastecimiento eléctrico en esta zona específica.
- **El Alimentador Ventanas Centro:** Es de vital importancia, este alimentador es el principal proveedor de energía para el núcleo central de Ventanas, incluyendo instalaciones críticas como el hospital. Con

una carga promedio conectada de 2.4 MW, su contribución es esencial para mantener las operaciones eléctricas en el corazón de la región.

- **El Alimentador Ventanas Sur:** Este componente logístico desempeña un papel crucial al alimentar la vía Ventanas-Pueblo Viejo, finalizando en la hacienda La Elvira. Con una carga promedio conectada de 2.1 MW, su función es determinante para la distribución eficiente de energía en esta área geográfica.
- **El Alimentador Los Ángeles:** Este alimentador se ha establecido como un actor significativo en el suministro eléctrico regional. Con una carga promedio conectada de 0.40 MW, alimenta el recinto Los Ángeles, consolidando su contribución al abastecimiento eléctrico de tipo local.

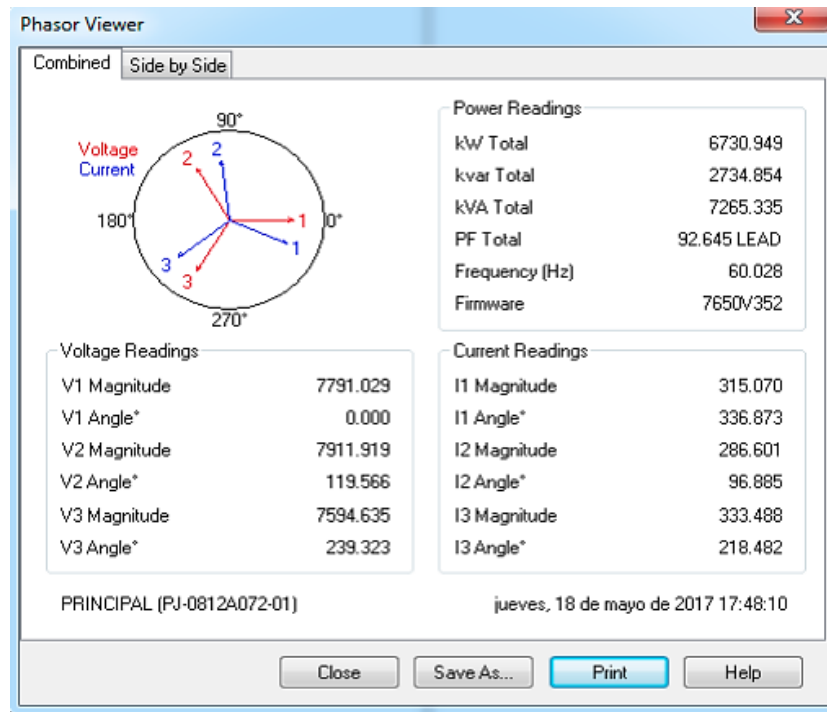
En términos de capacidad, la corriente total se determina mediante la fórmula  $I = (20,000,000 \text{ VA} / 1.73 * 13,800)$ , arrojando un valor de 837.73 A. El medidor principal a 13.8 kV, según el software correspondiente, indica una potencia total de 6.7 MW, equivalente a una corriente total de aproximadamente 305.077 A. El transformador de potencia, con una capacidad máxima de 20 MVA, opera eficientemente, sosteniendo una carga efectiva aproximadamente del 30% de su capacidad nominal.

A continuación, se presenta un desglose exhaustivo de todos los parámetros eléctricos del medidor principal a 13.8 kV de la subestación Ventanas. Esta información proporciona una visión completa y detallada de



su funcionamiento y rendimiento actual, siendo esencial para la gestión eficiente y la confiabilidad del sistema de suministro eléctrico en toda la región.

**Figura 3.1:** Medidor principal de la Subestación de Ventanas.



Elaborada por: Autor

### 3.2 Operación de los Dispositivos de Reconexión y Protección

En el contexto de la Subestación Ventanas, se han integrado reconectadores de la reconocida marca Siemens. Estos dispositivos cumplen sus funciones en un entorno de vacío, lo que implica que su mecanismo opera dentro de una cápsula sometida a un vacío ideal de -1 Mega Pascal. Esta configuración específica tiene como objetivo principal apagar el arco eléctrico que se produce al abrir o cerrar circuitos con corrientes de operación elevadas, garantizando así un entorno seguro y altamente eficiente en términos energéticos.

Una característica destacada de estos reconectores es su capacidad inherente para realizar reconexiones automáticas en caso de fallos en el alimentador. La función de cierre se programa comúnmente para los alimentadores ubicados en áreas rurales, ya que las causas frecuentes de los disparos de alimentadores en estas zonas suelen estar vinculadas a la presencia de maleza y ramas que caen sobre la línea. De manera automática, el sistema aborda la falla y, tras un breve intervalo de 5 segundos, según el tiempo configurado en los relés, procede con el cierre.

**Figura 3.2:** Reconector del Alimentador de Zapotal de Ventanas.



Elaborada por: Autor

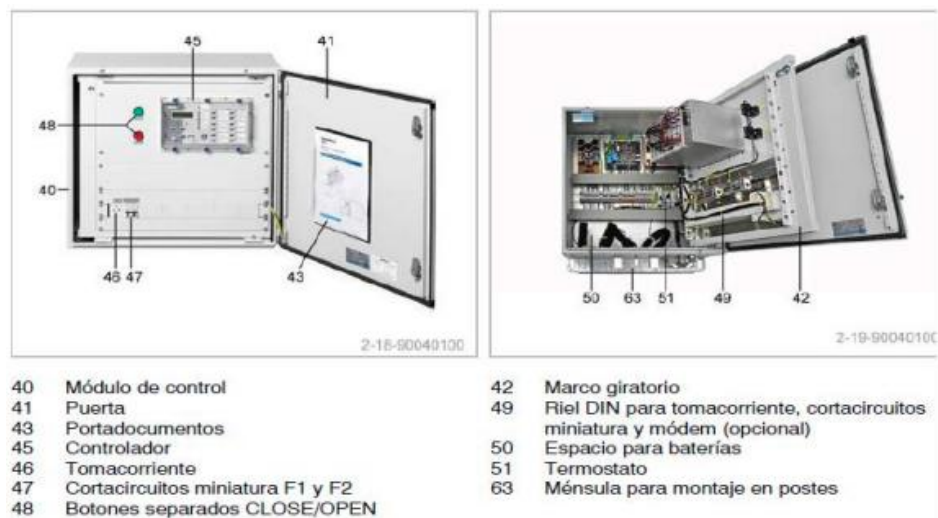
Es crucial destacar que los reconectores están equipados con transformadores de corriente en los polos. Estos transformadores desempeñan un papel crucial al interactuar con el relé, detectando sobre corrientes generadas por fallas en las líneas de distribución del sistema. La relación de transformación de estos transformadores de corriente se establece en 800:1, contribuyendo de manera significativa a una detección precisa y

eficiente de las condiciones de operación, fortaleciendo así la confiabilidad del sistema eléctrico en su totalidad.

### 3.3 Panel de monitoreo del Reconectador

En el funcionamiento esencial del sistema eléctrico, el sistema de control actúa como un eslabón clave entre el interruptor (BREAKER) y el relé de protección. Su tarea fundamental es recibir la señal del relé y transmitirla al interruptor mediante cables de control, estableciendo así la conexión vital que permite la acción coordinada de estos elementos.

**Figura 3.3:** Partes del Tablero de control del reconectador.



Fuente: Manual de instalación de reconectador siemens 3AD

Dentro de este panel integral, se destaca la presencia de una tarjeta rectificadora. Esta tarjeta tiene un rol significativo en la forma en que transforma la corriente alterna (CA) de una fuente de 110V en corriente continua (CC), y por lo tanto genera una voltage de 160VCC. Este voltaje específico es importante para que el switch realice de manera correcta las

acciones de encendido y apagado, debido a que se requiere una corriente de 160V CC para que funcione.

Una característica de gran importancia en este panel es su capacidad de respaldo de alimentación. Este respaldo se logra mediante la conexión en serie de cuatro baterías que generan un voltaje de 48V. Este suministro constante de energía asegura que el relé funcione de manera continua. En casos de desconexión, este respaldo energiza el tablero de control, permitiendo la ejecución de las operaciones necesarias.

Además, el panel tiene un sistema de calentamiento interior pensado para contrarrestar el efecto de la humedad y la lluvia. Esta característica es importante para preservar la salud de las baterías y los lugares de contacto libres de sulfato, de esta manera se garantiza la mejoría del sistema y se extiende la vida de los componentes de este. El punto de vista integral apoya la fiabilidad y la eficiencia del sistema de control en diferentes circunstancias operativas, esto proporciona una base firme para que funcione en continuos.

### **3.4 Funciones y rol del Sistema de Protección del relé Reyrolle en la Subestación**

Para garantizar que las protecciones en un sistema de energía funcionen de manera óptima, es crucial realizar una configuración precisa del relé de protección, entendiendo a fondo sus características y beneficios. El éxito en el funcionamiento efectivo de este sistema se basa en mantener el relé de protección en buenas condiciones y asegurarse de que siempre esté

activo. En casos donde el relé se apaga por fallas o falta de voltaje, y ocurre una falla en un alimentador, el reconectador del alimentador no detecta la falla, lo que permite que esta pase desapercibida hasta la protección secundaria, el disyuntor principal de 13.8 kV. Esta situación podría resultar en la desconexión de todos los alimentadores, afectando negativamente la continuidad del suministro eléctrico para los usuarios.

**Figura 3.4:** Relé de protección de la marca Reyrolle.



Elaborada por: Autor

Los relés de protección, especialmente los de la marca Siemens modelo Reyrolle, desempeñan un papel clave en los reconectadores de la subestación Ventanas. Estos relés son el núcleo estratégico del equipo de protección, interactuando con los transformadores de corriente internos del interruptor para despejar fallas. Son altamente configurables y adaptables a cualquier tipo de protección necesaria para las líneas de distribución.

El relé de protección cuenta con un puerto USB de comunicación que facilita la conexión con un ordenador y simplifica la configuración de las

funciones necesarias para la operación del sistema a través de software especializado. Una ventaja clave de estos relés es su capacidad para registrar eventos de falla, incluyendo las corrientes asociadas con las que actuó el equipo. Además, proporciona datos detallados de medición, como voltaje, potencia, frecuencia y corriente. También, estos relés incorporan puertos de comunicación que facilitan la interacción con el sistema SCADA, permitiendo una comunicación efectiva con el centro de control y operaciones de Cnel.

### **3.4.1 Configuraciones de protección utilizadas en los Alimentadores de la Subestación Ventanas**

En la Subestación Ventanas, se han implementado varias salvaguardias esenciales mediante la configuración meticulosa de los relés de protección. Estas defensas se clasifican y designan según sus funciones específicas, y su ajuste preciso resulta fundamental para asegurar una respuesta eficiente ante posibles fallas en el sistema eléctrico. A continuación, se detalla de manera más sencilla algunas de las protecciones utilizadas:

- **La Protección 50 F de sobre corriente instantánea de Fase:** Esta salvaguardia actúa rápidamente al detectar corrientes demasiado altas o incrementos abruptos en la fase. Su principal función es intervenir de inmediato para prevenir daños en el sistema cuando hay condiciones inusuales de corriente.
- **Protección 50 N de sobre corriente instantánea de Neutro:** Similar a la protección de fase, esta responde instantáneamente a corrientes inusuales en el neutro. Su acción rápida es crucial para prevenir

situaciones adversas relacionadas con corrientes anómalas en la red eléctrica.

- **La Protección 51 F de sobre corriente temporizada de Fase:** Esta protección de acción retardada entra en funcionamiento cuando la corriente del alimentador supera un umbral predefinido en fase. A diferencia de la protección instantánea, espera un tiempo antes de activarse, lo que puede ser esencial para evitar activaciones indebidas.
- **La Protección 51 N de sobre corriente temporizada de Neutro:** Similar a la protección de fase temporizada, esta función se activa con un retardo cuando la corriente del alimentador supera un valor establecido en neutro. La temporización proporciona flexibilidad en la respuesta de la protección.
- **La Protección 79 de cierre Automático:** Esta salvaguardia automatizada controla el proceso de cierre y el bloqueo en posición abierta. Su función es esencial para restablecer de manera segura el suministro eléctrico después de una desconexión y evitar operaciones no deseadas en caso de persistir la falla.
- **La Protección 81 de Sobre o Baja Frecuencia en el Sistema:** Esta diseñada para responder a cambios en la frecuencia del sistema, esta protección se activa cuando la frecuencia alcanza un valor específico, que puede ser mayor, menor o igual a la frecuencia normal. Su función es mantener la estabilidad del sistema ante fluctuaciones frecuenciales.

Estas protecciones son fundamentales para mantener la operatividad segura y eficiente de la Subestación Ventanas, garantizando una respuesta

adecuada a diversas condiciones operativas y posibles eventos adversos en la red eléctrica.

#### **3.4.1.1 Parámetros y configuraciones de Protección en los relés**

En cuanto a las labores vinculadas con la adaptación, modificación o actualización de las configuraciones de protección en cualquier alimentador del sistema, estas responsabilidades recaen sobre el técnico especializado en protecciones de la Unidad de Negocio Los Ríos. El desarrollo de estas tareas implica una estrecha coordinación con el personal de subestaciones, lo que a su vez demanda la presencia física en la subestación correspondiente para llevar a cabo los ajustes necesarios. Una vez en el lugar, se realiza el acceso al software específico y se ejecuta con precisión el cambio requerido. Luego de completar estas acciones, se procede a la actualización de la base de datos que guarda los ajustes realizados, culminando con la elaboración de un informe detallado por parte del técnico de protecciones.

Es crucial subrayar que, en consonancia con lo expuesto anteriormente, en los reconectores de la subestación Ventanas se emplean seis modalidades diferentes de protección. A continuación, se ofrecerá una explicación minuciosa del criterio utilizado para configurar cada una de estas protecciones.

#### **3.4.1.2 Optimización de la Funcionalidad del ajuste de Protección contra sobre corriente Temporizada en la Fase 51F**

En la etapa de ajuste del sistema de protección temporizada en la subestación Ventanas, se va a aplicar una estrategia detallada que tiene en



cuenta la capacidad máxima de los cables principales de cada alimentador. Se elige esta metodología porque todos los alimentadores utilizan cables calibre 4/0, y se ha decidido seleccionar un valor cercano a la capacidad nominal de estos cables.

**Figura 3.5:** Consumo del Alimentador de Ventanas.



Elaborada por: Autor

Es esencial destacar que, incluso en el alimentador con mayor demanda, Ventanas Centro, la corriente no supera los 100 amperios, según se muestra en detalle en la Figura adjunta. Este análisis respalda la elección del valor de la capacidad nominal, asegurando un ajuste cuidadoso del sistema de protección para que responda de manera eficiente a las características únicas de cada alimentador.

Además, es relevante señalar que, específicamente para la subestación Ventanas, se ha implementado un Tap de 320 A en todos los alimentadores. Esta configuración se ha realizado considerando tanto la capacidad nominal de los cables como las demandas específicas de cada

alimentador. Este enfoque asegura una protección efectiva contra sobre corrientes temporizadas en la fase 51F, lo que contribuye de manera significativa a la seguridad y eficacia del sistema eléctrico de la subestación.

#### **3.4.1.3 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en defensa inmediata ante Corrientes excesivas para la Protección 50F**

En el proceso de ajuste de la protección instantánea de fase, es esencial llevar a cabo la simulación de una falla trifásica en el barraje de media tensión de la subestación. La magnitud de la corriente generada durante esta simulación se establece como el umbral de disparo instantáneo (50). Esta tarea técnica la realiza el Ingeniero Técnico especializado en protecciones, utilizando la aplicación llamada cymdist para ejecutar la simulación de manera precisa y confiable, asegurando la exactitud de los resultados obtenidos.

La función principal de la protección instantánea es identificar y responder rápidamente a situaciones críticas, especialmente aquellas relacionadas con el reconectador, pararrayo o transformador de corriente. Su activación se produce tanto en casos evidentes de fallos en estos componentes como en situaciones de fallas claras cercanas a la fuente de alimentación, garantizando una reacción inmediata para preservar la integridad del sistema eléctrico.

Es importante mencionar que, específicamente en la subestación Ventanas, se ha establecido una compensación de 3000 A, que representa la cantidad de corriente que se desea conseguir en los alimentadores, de esta

manera la protección instantánea en la forma de detectar y disuadir posibles dificultades será óptima. Este ajuste tiene un efecto significativo en la fiabilidad y seguridad del sistema de electricidad de la subestación.

#### **3.4.1.4 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en protección de sobre corriente en el Conductor Neutro (51N)**

En el curso del proceso de calibración de la protección temporizada de neutro en cada uno de los alimentadores de la subestación, se adopta una estrategia detallada y precisa que implica la consideración cuidadosa de la mitad del ajuste predefinido para la protección en fase. Esta estrategia, expresada de manera matemática como " $I_{pick\ up} = (0.5) * TAP (fase)$ ", equivale al 70% del valor establecido para el TAP de fase. Esta elección técnica se basa en la necesidad de establecer un umbral apropiado que permita una respuesta eficiente ante posibles desequilibrios o fallas en la corriente, contribuyendo así a la integridad operativa del sistema eléctrico.

Es esencial destacar que, específicamente para la subestación Ventanas, se ha aplicado un ajuste específico de 200 A en todos los alimentadores. Este ajuste se ha hecho con exactitud y cuidado, teniendo en cuenta la relación mencionada anteriormente, con el fin de asegurar una correcta configuración de la protección de tiempo en cada uno de los alimentadores. Este punto de vista tiene un rol significativo en la preservación de la fiabilidad del sistema eléctrico y en la administración de la estabilidad del suministro.

También, es importante mencionar que la selección del valor de acomodación se hizo con el objetivo de asegurar una buena sincronización con los resguardos en etapa, maximizando de esta manera la capacidad del sistema para hallar y responder a anomalías. El punto de vista integral muestra un apremio firme con respecto a la fiabilidad y seguridad de la subestación, haciendo una protección eficaz con respecto a las posibles dificultades en el flujo de la corriente.

#### **3.4.1.5 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en defensa inmediata ante Corrientes excesivas para la el Neutro 50N**

En el proceso de ajuste de la protección instantánea de neutro, es crucial llevar a cabo la simulación de una falla monofásica en la barra de media tensión de la subestación. La magnitud de la corriente resultante de esta simulación se establece como el umbral de disparo instantáneo (50). Este procedimiento técnico lo realiza el Ingeniero Técnico especializado en protecciones, utilizando la aplicación cymdist para llevar a cabo la simulación con precisión y confiabilidad, garantizando así resultados precisos.

La función principal de esta protección instantánea se centra en detectar y responder de manera rápida ante situaciones críticas, especialmente aquellas vinculadas al reconectador, pararrayo o transformador de corriente. Se activa tanto en casos de fallos evidentes en estos componentes como en situaciones de fallas cercanas a la fuente de alimentación, asegurando una respuesta inmediata para preservar la integridad del sistema eléctrico.

Es relevante destacar que, específicamente para la subestación Ventanas, se ha definido un ajuste específico de 3000 A. Este valor representa la corriente de falla simulada en todos los alimentadores, asegurando la eficacia de la protección instantánea en la detección y mitigación de posibles problemas. Este ajuste contribuye de manera significativa a la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico en la subestación.

#### **3.4.1.6 Optimización de la Funcionalidad del ajuste en protección automática 79**

La utilidad del cierre automático, fundamental para asegurar la continuidad del suministro eléctrico y minimizar las molestias para los usuarios, destaca por la capacidad de adaptación de los reconectores, dispositivos que pueden ser programados para realizar reconexiones automáticas después de un intervalo de tiempo predefinido.

Esta medida de protección encuentra su aplicación específica en los alimentadores de distribución ubicados mayoritariamente en áreas rurales, donde las líneas atraviesan plantaciones de banano, cultivos de palma africana o teca, dando lugar a problemas recurrentes en la red primaria de 13.8 kV.

La ventaja principal de la protección 79 radica en la posibilidad de establecer un tiempo específico para la reconexión, así como la opción de configurar hasta 4 intentos de cierre. En el marco de la Subestación Ventanas, esta funcionalidad se ha implementado en dos alimentadores específicos:

Zapotal y Los Ángeles, ambos caracterizados por su naturaleza predominantemente rural, abarcando el 80% de su extensión.

En estos alimentadores, se ha ajustado el tiempo de reconexión a 5 segundos. En otras palabras, frente a una falla en la línea, el reconectador se abre, espera 5 segundos y realiza automáticamente una reconexión. Si la falla fue de naturaleza transitoria, el equipo se cierra sin inconvenientes, garantizando así la continuidad del servicio eléctrico. Es importante señalar que se ha configurado un solo intento de cierre; en caso de que la falla persista, el equipo permanecerá abierto, señalando la necesidad de una revisión detallada de la línea de distribución. Este enfoque asegura una gestión eficaz de situaciones imprevistas, mejorando la operatividad y la confiabilidad del sistema eléctrico en entornos rurales específicos.

#### **3.4.1.7 Resguardo frente a bajas Frecuencias en el Sistema Nacional Interconectado Protección 81 (SNI)**

En base a las indicaciones del CENACE (Centro Nacional de Control de Energía), se ha establecido una medida de protección en el ámbito de la generación y transmisión de energía eléctrica. Esta solicitud, recomendada por la institución que rige, conlleva a que los proveedores de energía eléctrica activen de manera automática los interruptores de los alimentadores en el momento en que se detecta una baja magnitud en el sistema eléctrico que se está proveyendo. El propósito fundamental de esta solicitud u ordenanza es adaptarse a las dificultades importantes en la operación del sistema de electricidad actual.

En el momento en que se detecta una baja frecuencia, sucesos como la salida súbita de motores, transformadores o disyuntores dentro de las centrales de energía eléctrica pueden ocasionar desequilibrios en el sistema. Este contexto genera una reducción violenta de la presión, esto provoca que el sistema tenga una baja frecuencia. Esta circunstancia es posible que sea dañina, particularmente teniendo en cuenta los enormes voltajes presentes en esas instalaciones. En respuesta a esta circunstancia, la medida implica la interrupción automática de ciertos alimentadores, con el fin de disminuir el efecto y evitar mayores complicaciones en el sistema eléctrico.

Los provechos de una baja frecuencia no se limitan a la infraestructura del sistema de electricidad, sino que además afecta a los grandes usuarios de energía, como son las plantas de tratamiento, las fábricas, etc. Estos personajes enfrentan dificultades en la operación, particularmente en el ámbito de la capacidad de sus propulsores. La compensación entre la velocidad ( $n$ ) de los propulsores y la frecuencia ( $f$ ) genera dificultades en el momento en que la frecuencia se achica, ya que la velocidad de los propulsores se reduce también, esto tiene como consecuencia una menor eficiencia y una producción o un tratamiento de productos que no es óptimo.

### **3.5 Configuración de la protecciones de los alimentadores**

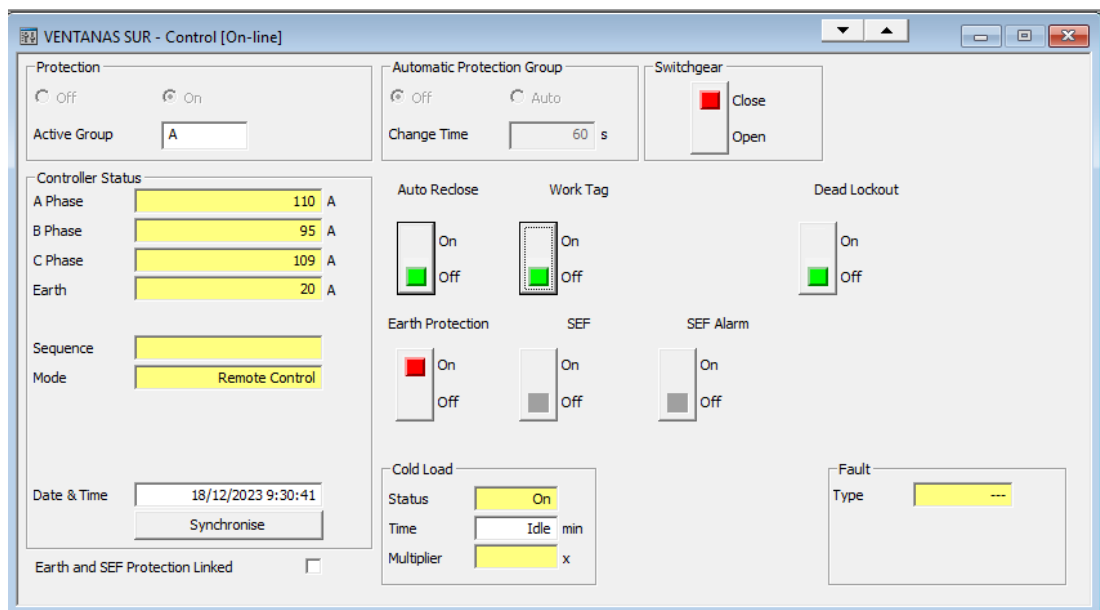
A continuación, se explica en detalle la serie de parámetros y configuraciones que se asignan para cada uno de los 4 alimentadores de la subestación eléctrica de Ventanas, los cuales son de vital importancia para su correcto funcionamiento.

### 3.5.1 Configuración del alimentador eléctrico de Ventanas Sur

En la Figura 3.6 se observa la configuración detallada de la herramienta Cymdist. El proceso se inició clasificando los alimentadores de Ventanas Sur, designándolos como Grupo A. A continuación, se activa el tiempo de conmutación automático, programado cada 60 segundo, se coloca el dispositivo de conmutación en posición cerrada.

En pasos subsiguientes, se procede a ajustar las corrientes para la Fase A, fijándola en 110A, para la Fase B en 95A, para la Fase C en 109A y para la tierra en 20A. Durante esta configuración, se opta por mantener desactivadas las funciones de Auto Reclose, Work Tag y Dead Lockout, mientras que se activa la protección de tierra. Estos ajustes buscan optimizar el rendimiento y la seguridad del sistema eléctrico, asegurando que los parámetros estén alineados con los requerimientos específicos de la red.

**Figura 3.6:** Panel de configuraciones del alimentador de Ventanas Sur.

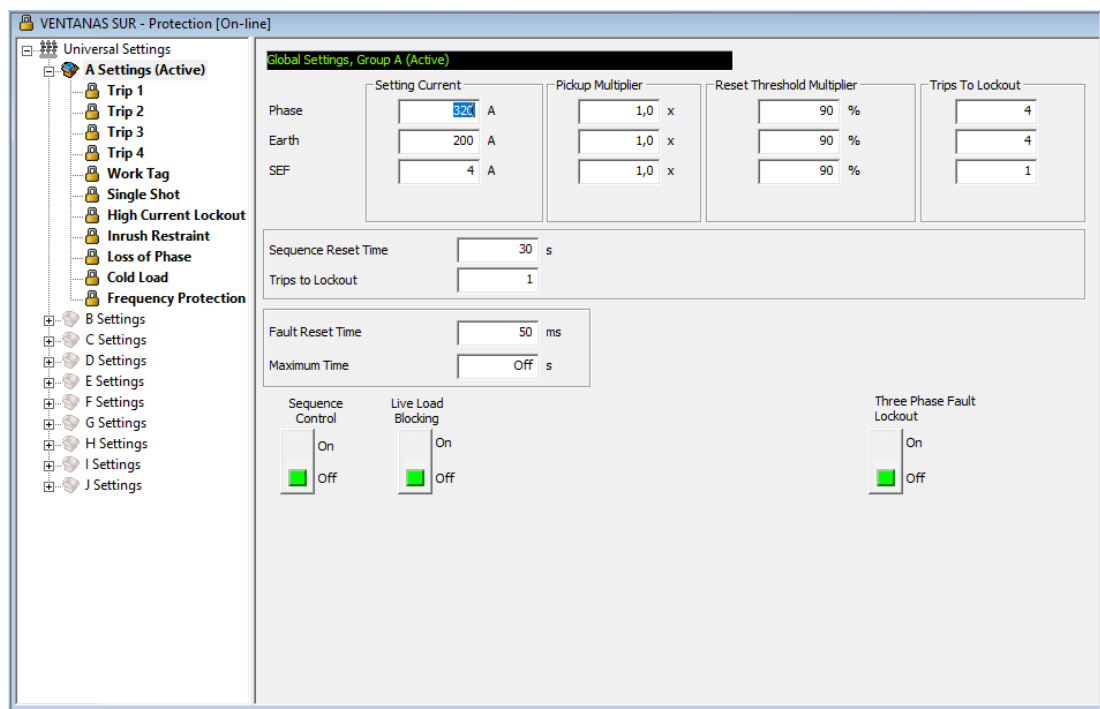


Elaborada por: Autor



La configuración general del grupo A del alimentador de ventana sur se muestra en la Figura 3.7. En esta disposición, la corriente para la Fase se establece en 320 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. De manera similar, la corriente para la tierra se fija en 200 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. Por último, el dispositivo de SEF opera con una corriente de 4 A, un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 1.

**Figura 3.7:** Ajustes de protecciones del alimentador de Ventanas Sur.



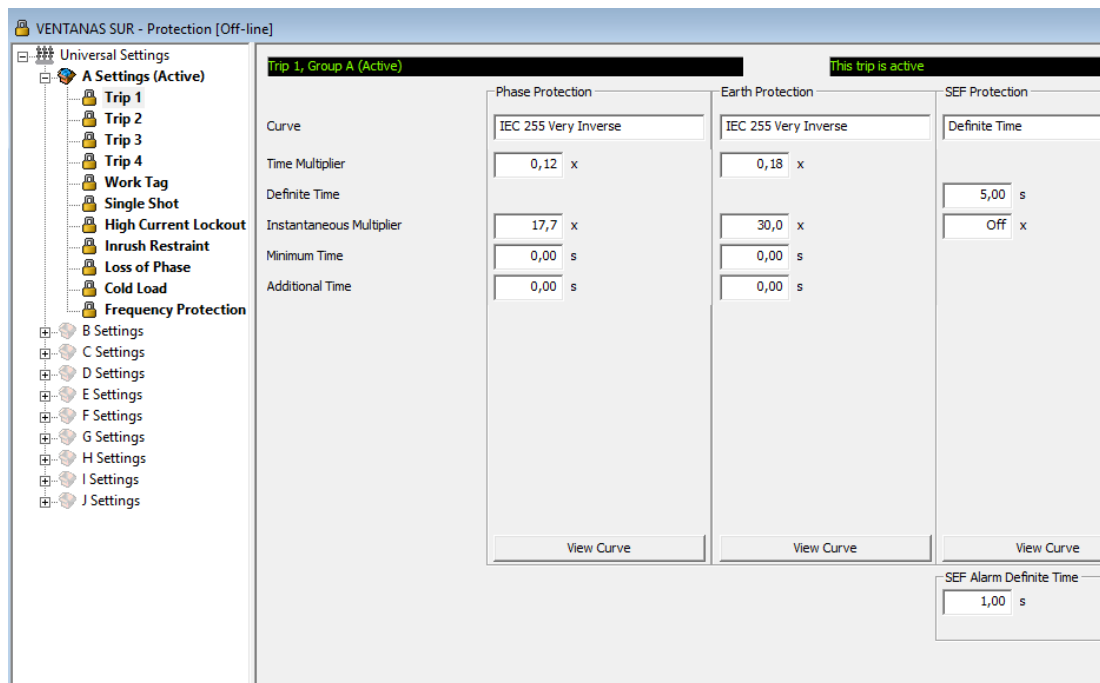
Elaborada por: Autor

Además, la secuencia de tiempo de reinicio se establece en 30 segundos y el número de disparos bloqueados se establece en 1. El tiempo de restablecimiento de fallo se establece en 50 ms, mientras que el tiempo máximo permanece desactivado. Otras configuraciones incluyen

secuenciación de control, desactivación del bloqueo de carga viva y bloqueo de falla trifásica.

La Figura 3.8 detalla la configuración específica de protección correspondiente a la fase de tierra y SEF. En protección de fase se seleccionó la curva IEC 255 muy inversa y se fijó el multiplicador de tiempo en 0,12. Además, configure el múltiplo instantáneo de 17,7, el tiempo mínimo de 0 segundos y el tiempo adicional de 0 segundos.

**Figura 3.8:** Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Ventanas Sur.



Elaborada por: Autor

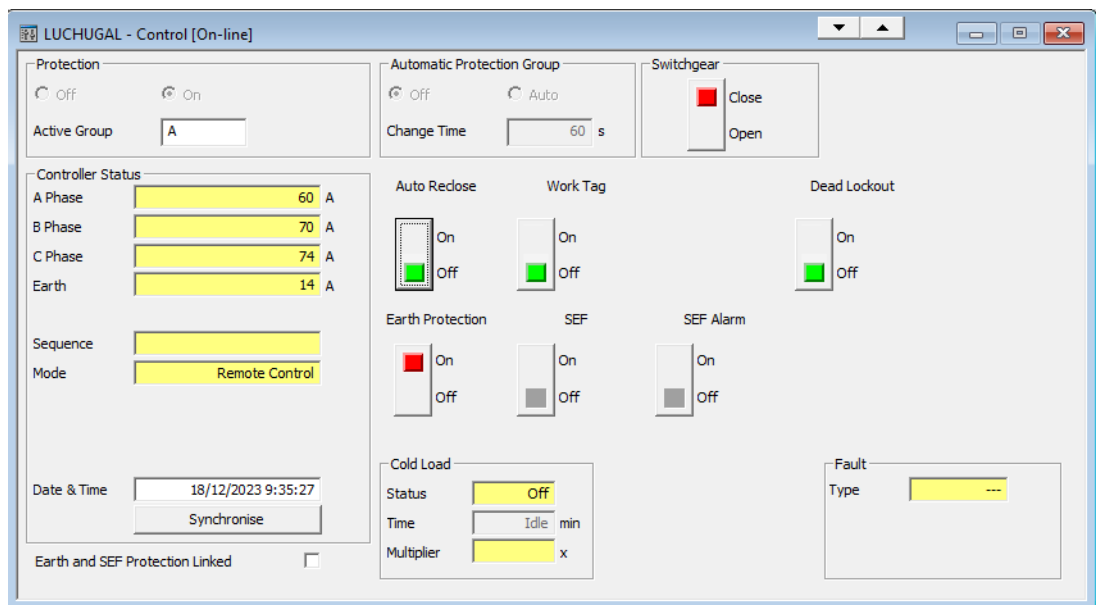
En el caso de la protección de defecto a tierra se elige la curva muy inversa IEC 255 con un multiplicador de tiempo de 0,18. De igual manera, configure el multiplicador en 30 segundos, el tiempo más corto en 0 segundos y el tiempo adicional en 0 segundos. En referencia a la seguridad SEF, se

establece un lapso de funcionamiento de 5 segundos y se desactiva el instantáneo de multiplicación. Esta disposición particular está pensada para garantizar una respuesta inmediata y correcta en caso de emergencias, y para asegurar una protección eficaz del sistema eléctrico.

### 3.5.2 Configuración del alimentador eléctrico de Lechugal

En la Figura 3.9 se visualiza la clasificación del alimentador de Lechugal, designado como Grupo A. A continuación, se activa el tiempo de conmutación automático, programado cada 60 segundos, se coloca el dispositivo de conmutación en posición cerrada.

**Figura 3.9:** Panel de configuraciones del alimentador de Lechugal.



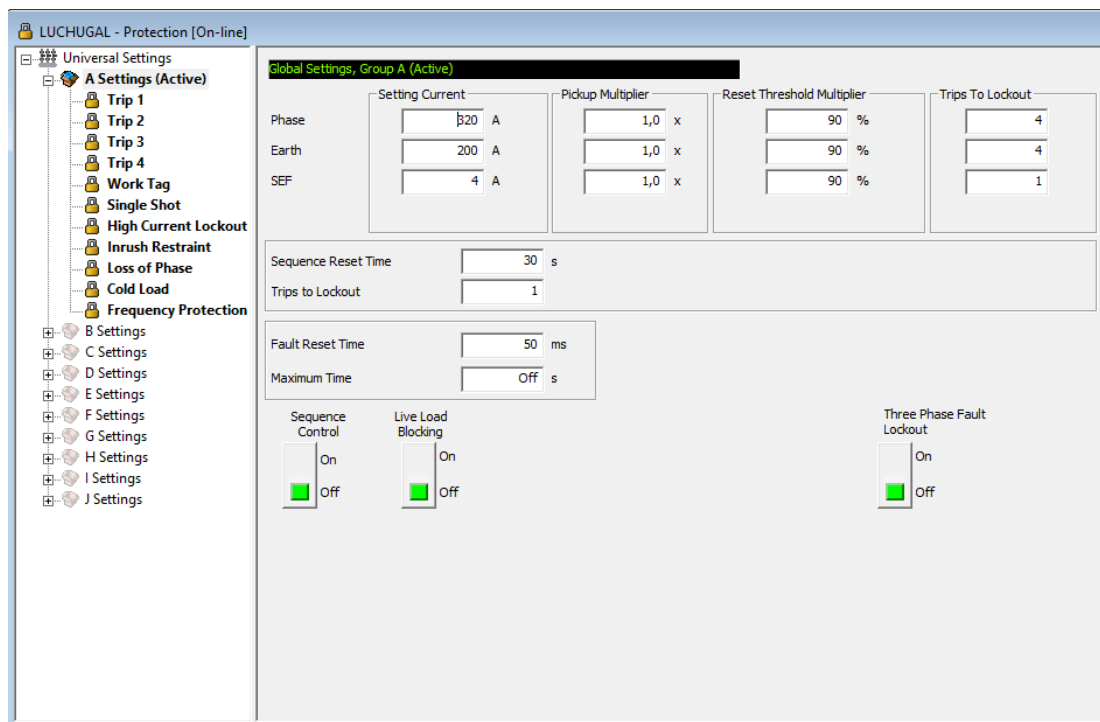
Elaborada por: Autor

En pasos subsiguientes, se procede a ajustar las corrientes para la Fase A, fijándola en 60A, para la Fase B en 70A, para la Fase C en 74A y para la tierra en 14A. Durante esta configuración, se opta por mantener

desactivadas las funciones de Auto Reclouse, Work Tag y Dead Lockout, mientras que se activa la protección de tierra.

La configuración general del grupo A del alimentador de Lechugal se muestra en la Figura 3.10. En esta disposición, la corriente para la Fase se establece en 320 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. De manera similar, la corriente para la tierra se fija en 200 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. Por último, el dispositivo de SEF opera con una corriente de 4 A, un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 1.

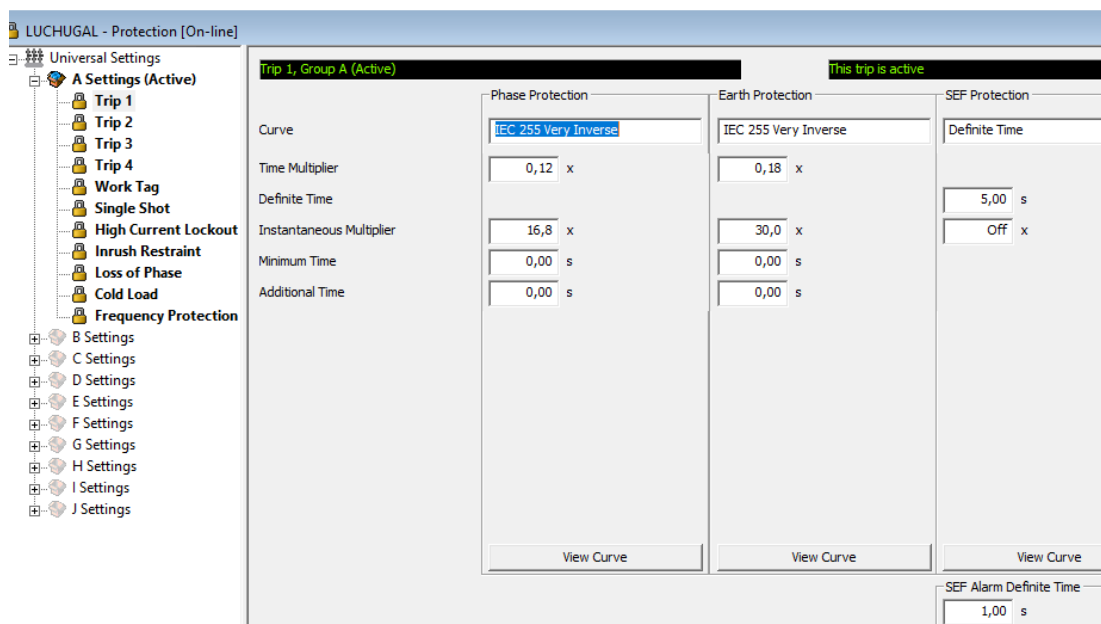
**Figura 3.10:** Ajustes de protecciones del alimentador de Lechugal.



Elaborada por: Autor

La Figura 3.11 detalla la configuración específica de protección correspondiente a la fase de tierra y SEF. En protección de fase se seleccionó la curva IEC 255 muy inversa y se fijó el multiplicador de tiempo en 0,12. Además, configure el múltiplo instantáneo de 16,8, el tiempo mínimo de 0 segundos y el tiempo adicional de 0 segundos.

**Figura 3.11:** Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Lechugal.

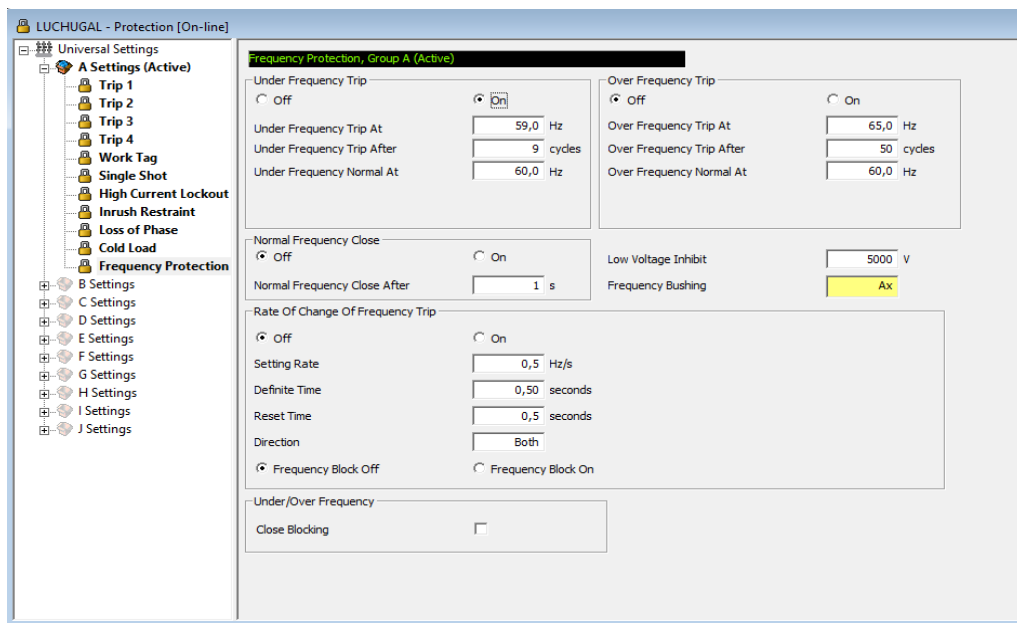


Elaborada por: Autor

En el caso de la protección de defecto a tierra se elige la curva muy inversa IEC 255 con un multiplicador de tiempo de 0,18. De igual manera, configure el multiplicador en 30, el tiempo más corto en 0 segundos y el tiempo adicional en 0 segundos. En referencia a la seguridad SEF, se establece un lapso de funcionamiento de 5 segundos y se desactiva el instantáneo de multiplicación.

La Figura 3.12 detalla las configuraciones específicas de activación de baja frecuencia que se han activado con precisión. En este caso, considerando que la frecuencia normal es 60Hz, se establece una frecuencia de disparo de 59Hz con una duración de 9 ciclos. Es importante señalar que el disparo por sobre frecuencia está deshabilitado y configurado para activarse solo a 65 Hz con un período de 50, siendo la frecuencia normal 60 Hz.

**Figura 3.12:** Configuración de frecuencias de las protecciones del alimentador de Lechugal.



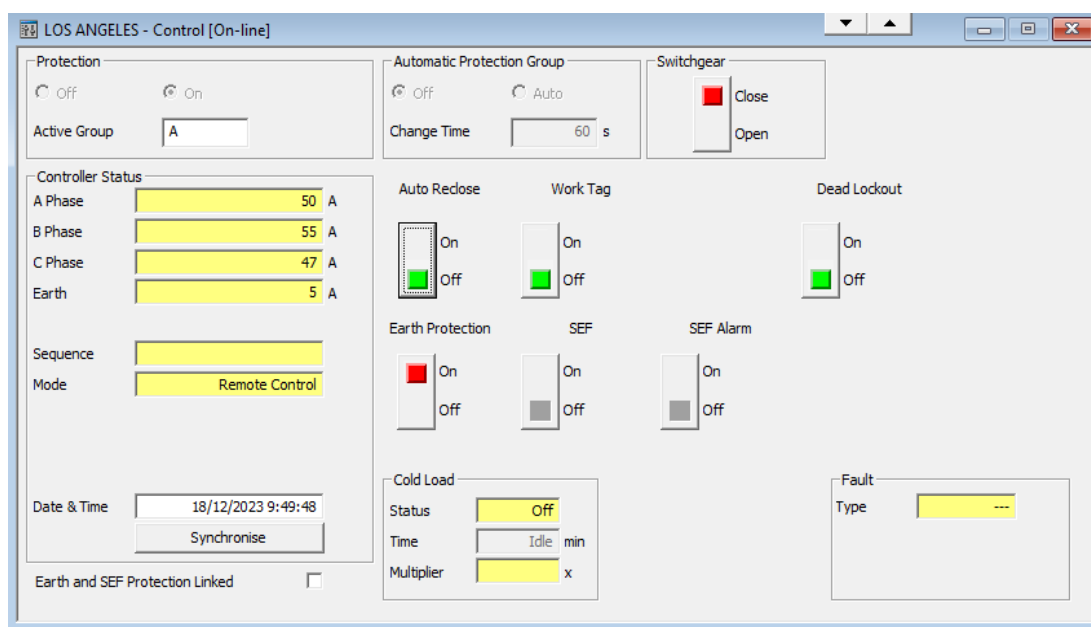
Elaborada por: Autor

Adicionalmente se observa que se ha desactivado la frecuencia normalmente cerrada y se ha fijado en 1 segundo. Asimismo, establezca un voltaje de rechazo bajo de 5000V e implemente un límite de frecuencia Ax. Finalmente, deshabilite la tasa de cambio de frecuencia, configurándola en 0,5 Hz/s, el tiempo en 0,50 segundos, el tiempo de reinicio en 0,50 segundos, el tipo de dirección en Ambos, mientras el bloqueo de frecuencia permanece deshabilitado.

### 3.5.3 Configuración del alimentador eléctrico de Los Ángeles

En la Figura 3.13 se aprecia la clasificación del alimentador de Lechugal, designado como Grupo A. A continuación, se activa el tiempo de conmutación automático, programado cada 60 segundos, se coloca el dispositivo de conmutación en posición cerrada.

Figura 3.13: Panel de configuraciones del alimentador de Los Ángeles.

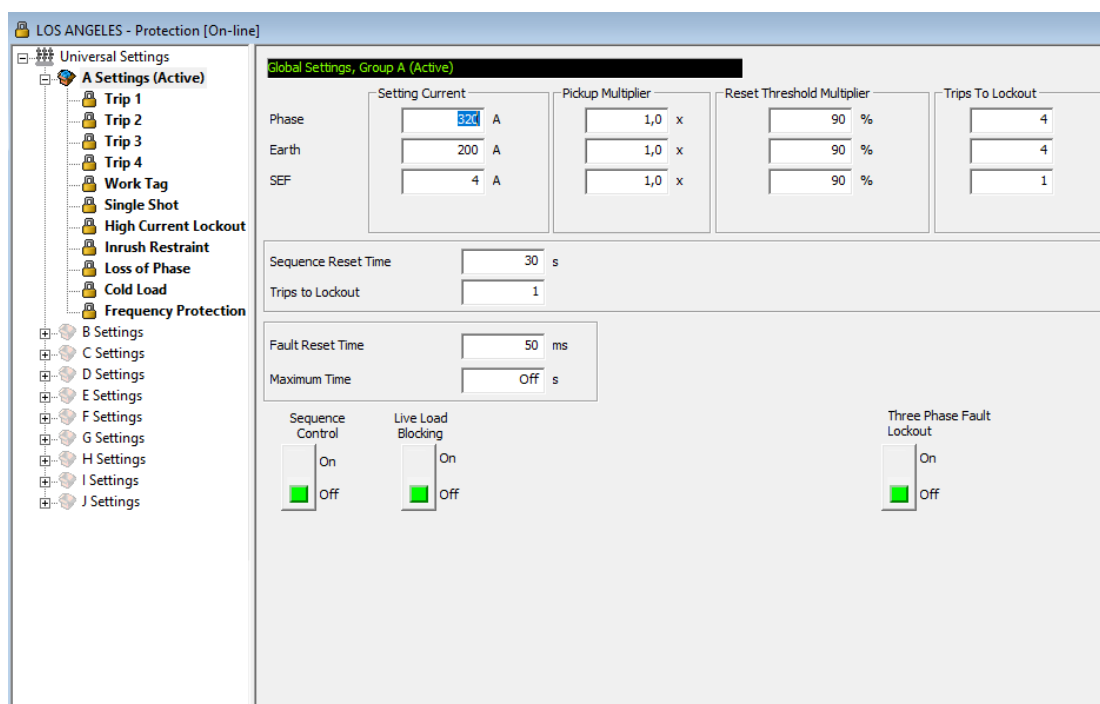


Elaborada por: Autor

En pasos subsiguientes, se procede a ajustar las corrientes para la Fase A, fijándola en 110A, para la Fase B en 95A, para la Fase C en 109A y para la tierra en 20A. Durante esta configuración, se opta por mantener desactivadas las funciones de Auto Reclouse, Work Tag y Dead Lockout, mientras que se activa la protección de tierra. Estos ajustes buscan optimizar el rendimiento y la seguridad del sistema eléctrico, asegurando que los parámetros estén alineados con los requerimientos específicos de la red.

La configuración general del grupo A del alimentador de Los Ángeles se muestra en la Figura 3.14. En esta disposición, la corriente para la Fase se establece en 320 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. De manera similar, la corriente para la tierra se fija en 200 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. Por último, el dispositivo de SEF opera con una corriente de 4 A, un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 1.

**Figura 3.14:** Ajustes de protecciones del alimentador de Los Ángeles.



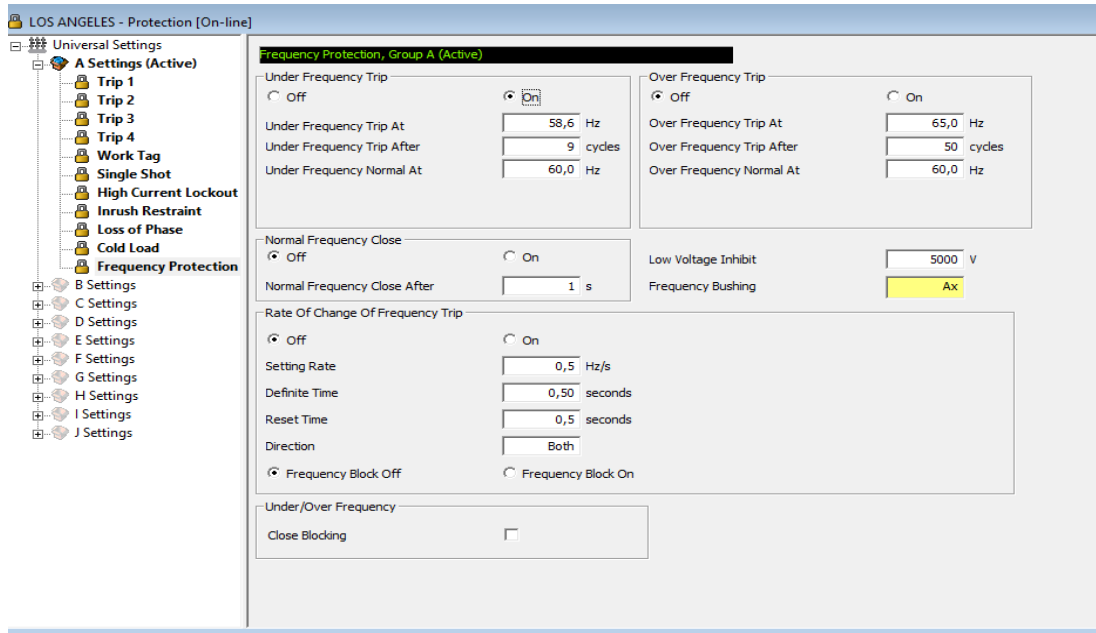
Elaborada por: Autor

En la Figura 3.15 se visualiza las configuraciones específicas de activación de baja frecuencia que se han activado con precisión. En este caso, considerando que la frecuencia normal es 60Hz, se establece una frecuencia de disparo de 59Hz con una duración de 9 ciclos. Es importante señalar que



el disparo por sobre frecuencia está deshabilitado y configurado para activarse solo a 65 Hz con un período de 50, siendo la frecuencia normal 60 Hz.

**Figura 3.15:** Configuración de frecuencias de las protecciones del alimentador de Los Ángeles.



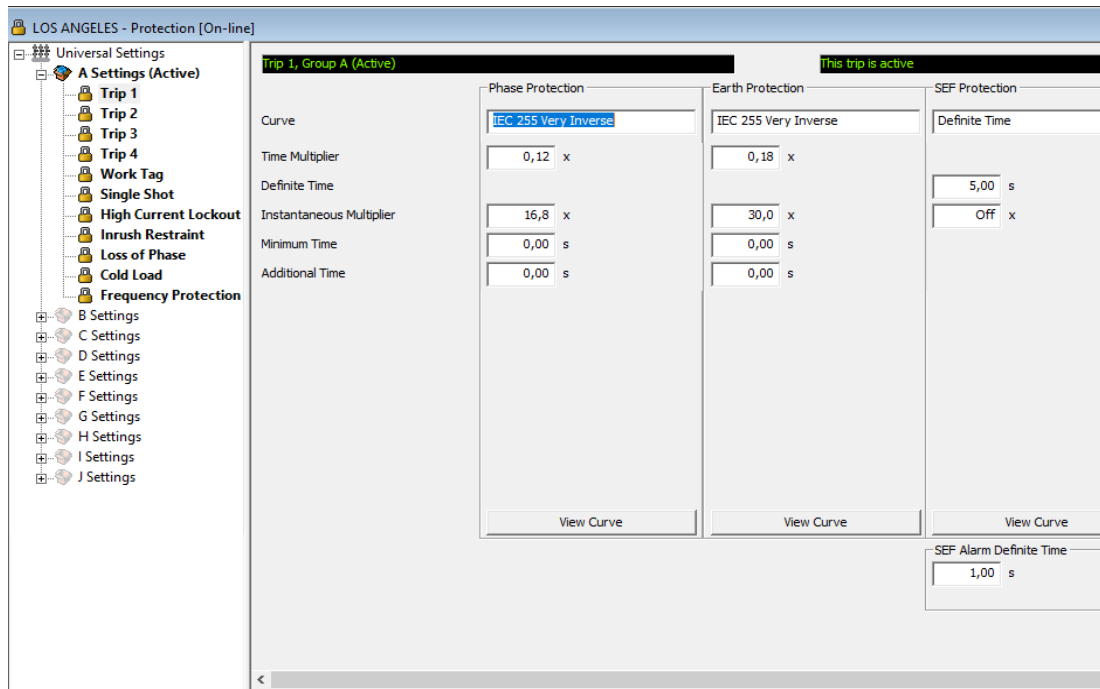
Elaborada por: Autor

Adicionalmente se aprecia que se ha desactivado la frecuencia normalmente cerrada y se ha fijado en 1 segundo. Asimismo, establezca un voltaje de rechazo bajo de 5000V e implemente un límite de frecuencia Ax. Finalmente, deshabilite la tasa de cambio de frecuencia, configurándola en 0,5 Hz/s, el tiempo en 0,50 segundos, el tiempo de reinicio en 0,50 segundos, el tipo de dirección en Ambos, mientras el bloqueo de frecuencia permanece deshabilitado.

La Figura 3.16 detalla la configuración específica de protección correspondiente a la fase de tierra y SEF. En protección de fase se seleccionó la curva IEC 255 muy inversa y se fijó el multiplicador de tiempo en 0,12.

Además, configure el múltiplo instantáneo de 16,8, el tiempo mínimo de 0 segundos y el tiempo adicional de 0 segundos.

**Figura 3.16:** Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Los Ángeles.



Elaborada por: Autor

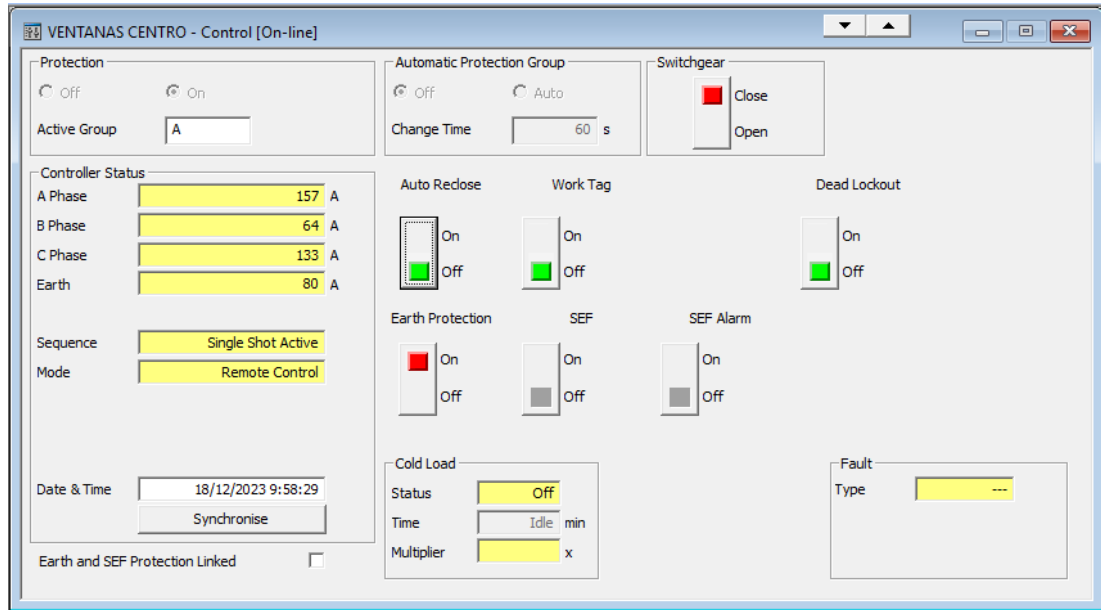
En el caso de la protección de defecto a tierra se elige la curva muy inversa IEC 255 con un multiplicador de tiempo de 0,18. De igual manera, configure el multiplicador en 30 segundos, el tiempo más corto en 0 segundos y el tiempo adicional en 0 segundos. En referencia a la seguridad SEF, se establece un lapso de funcionamiento de 5 segundos y se desactiva el instantáneo de multiplicación.

### 3.5.4 Configuración del alimentador eléctrico de Ventanas Centro

En la Figura 3.17 se aprecia la clasificación del alimentador de Lechugal, designado como Grupo A. A continuación, se activa el tiempo de

conmutación automático, programado cada 60 segundos, se coloca el dispositivo de conmutación en posición cerrada.

**Figura 3.17:** Panel de configuraciones del alimentador de Ventanas Centro.



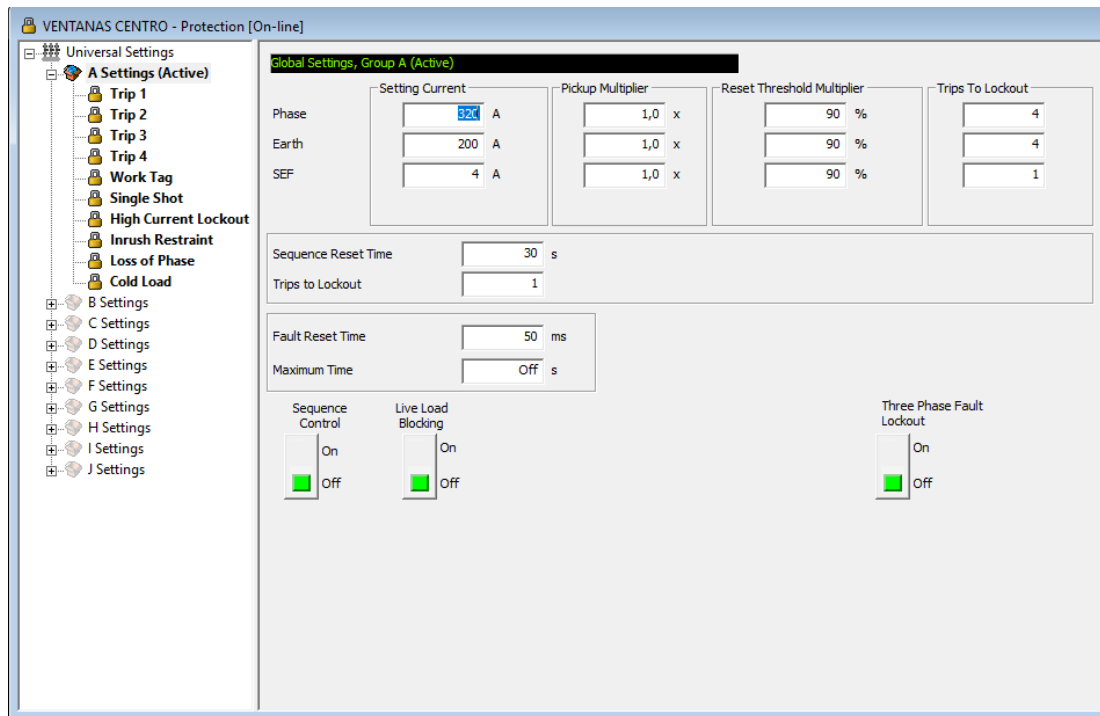
Elaborada por: Autor

En pasos subsiguientes, se procede a ajustar las corrientes para la Fase A, fijándola en 157A, para la Fase B en 64A, para la Fase C en 133A y para la tierra en 80A. Durante esta configuración, se opta por mantener desactivadas las funciones de Auto Reclouse, Work Tag y Dead Lockout, mientras que se activa la protección de tierra.

La configuración general del grupo A del alimentador de Los Ángeles se muestra en la Figura 3.18. En esta disposición, la corriente para la Fase se establece en 320 A, con un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. De manera similar, la corriente para la tierra se fija en 200 A, con un multiplicador de recogida de uno, un

reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 4. Por último, el dispositivo de SEF opera con una corriente de 4 A, un multiplicador de recogida de uno, un reset Threshold del 90%, y un Trips to Lockout de 1.

**Figura 3.18:** Ajustes de protecciones del alimentador de Ventanas Centro.



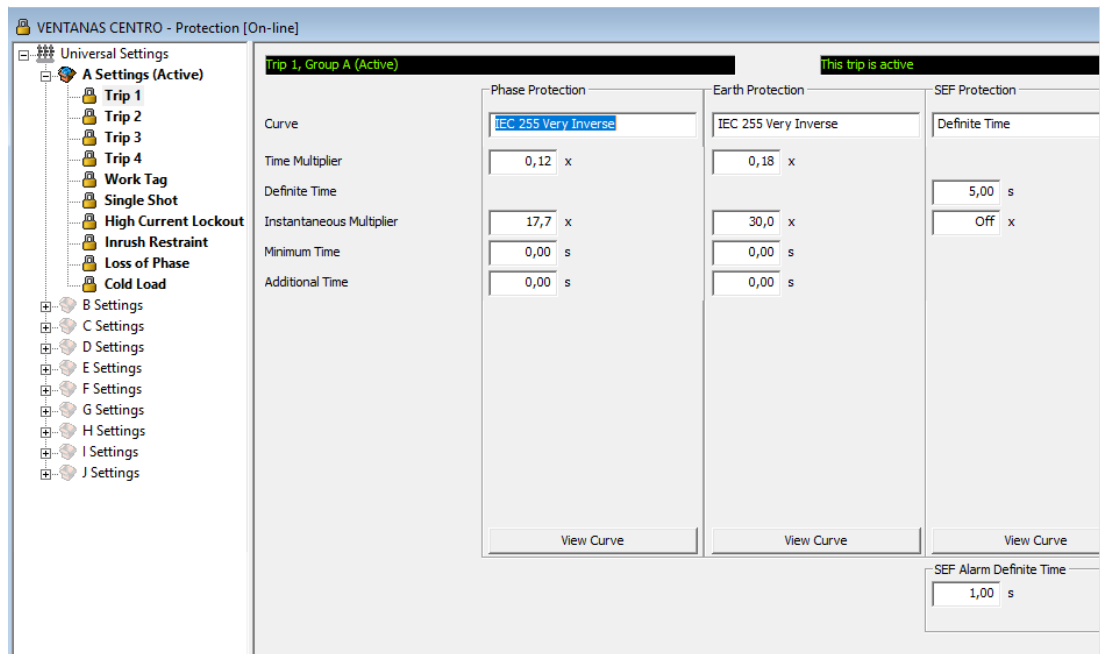
Elaborada por: Autor

La Figura 3.19 detalla la configuración específica de protección correspondiente a la fase de tierra y SEF. En protección de fase se seleccionó la curva IEC 255 muy inversa y se fijó el multiplicador de tiempo en 0,12. Además, configure el múltiplo instantáneo de 17,7, el tiempo mínimo de 0 segundos y el tiempo adicional de 0 segundos.

En el caso de la protección de defecto a tierra se elige la curva muy inversa IEC 255 con un multiplicador de tiempo de 0,18. De igual manera, configure el multiplicador en 30 segundos, el tiempo más corto en 0 segundos

y el tiempo adicional en 0 segundos. En referencia a la seguridad SEF, se establece un lapso de funcionamiento de 5 segundos y se desactiva el instantáneo de multiplicación.

**Figura 3.19:** Configuración de tiempo de las protecciones del alimentador de Ventanas Centro.



Elaborada por: Autor

## Capítulo 4: Conclusiones y recomendaciones

### 4.1 Conclusiones

- La evaluación minuciosa de las protecciones existentes revela que, en general, el sistema responde de manera rápida y eficaz ante problemas eléctricos, demostrando ser una parte vital del suministro eléctrico en la subestación Ventanas.
- El examen detallado permitió identificar áreas específicas de mejora y puntos potenciales de riesgo en el sistema de protecciones. Estos puntos críticos son fundamentales para fortalecer la seguridad y confiabilidad del suministro eléctrico.
- Las sugerencias de ajustes y cambios en el sistema de protecciones apuntan a mejorar la selectividad, coordinación y respuesta del sistema ante situaciones de emergencia, contribuyendo a la optimización general de su desempeño.
- La verificación del sistema frente a cambios bruscos o problemas eléctricos confirmó que las mejoras propuestas han fortalecido la capacidad de respuesta del sistema, asegurando una adaptabilidad más efectiva a diversas situaciones.

## **4.2 Recomendaciones**

- Se sugiere poner en práctica las sugerencias generales de modificación y ajuste del sistema de protección para aumentar su eficacia y capacidad.
- Se sugiere la creación de un programa de monitoreo constante para determinar la capacidad de los cambios implementados y hacer alteraciones adicionales en caso de ser necesario.
- Se sugiere realizar sesiones de formación periódicas para el personal implicado en la gestión del sistema de protección, esto asegurará que conocen las actualizaciones implementadas y que pueden ser utilizadas correctamente.
- Se sugiere realizar revisiones periódicas del sistema de protección para adaptarse a los cambios en la red eléctrica y aprovechar las nuevas tecnologías que pueden aumentar adicionalmente la eficiencia y fiabilidad del sistema.

## Bibliografías

- Aftab, Mohd. A., Hussain, S. M. S., Ali, I., & Ustun, T. S. (2020). IEC 61850 based substation automation system: A survey. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 120, 106008.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106008>
- Carrillo, M. A. (2022). Pruebas a equipos de protección contra sobretensiones en subestaciones eléctricas, dps.  
*instname:Universidad Antonio Nariño*.  
<http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/6050>
- Cevallos, L. F., & German, G. (2023). *Análisis de la normativa IEC 61850 para la protección y monitoreo de transformadores de potencia empleando reles de protección diferencial* [masterThesis].  
<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26512>
- Chaname, B. Y. (2021). *Ubicación óptima de reconectores para mejorar la calidad del suministro del alimentador A4891 de la subestación Ciudad Constitución—Oxapampa, 2019*.  
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7218>
- Córdoba, N., Astorquia, L. E., Alegrechy, A. H., Díaz Ferrari, A., Luques, V., & Medina, O. jorge. (2023). *Metodología de la investigación*.  
<http://rehip.unr.edu.ar/xmlui/handle/2133/25465>
- Díaz, C. G. (2020). *Diseño y Construcción de los Transformadores Principal y Auxiliares para el Generador Síncrono de 8,58 kVA del Laboratorio de Sistemas Eléctricos de Potencia* [bachelorThesis, Quito, 2020.].  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21161>



- Dielco. (2023). *Reconectores Dielco*. <https://www.dielco.co/líneas-de-negocio-dielco/transmision-electrica/reconectores-dielco>
- Ding, W., Chen, Q., Dong, Y., & Shao, N. (2022). Fault Diagnosis Method of Intelligent Substation Protection System Based on Gradient Boosting Decision Tree. *Applied Sciences*, 12(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/app12188989>
- Durocher, D. B., Elliott, M. C., & Reed, S. T. (2021). Consideration of Standards and Recommendations for Selection, Installation and Maintenance of Substation Transformers. *2021 IEEE-IAS/PCA Cement Industry Conference (IAS/PCA)*, 1-10. <https://doi.org/10.1109/IAS/PCA50164.2021.10143791>
- Eaton. (2024). *Subestación de control de bajo voltaje resistente al arco Magnum DS (ArcGard)*. Eaton. <https://www.eaton.com/cl/es-mx/catalog/low-voltage-power-distribution-controls-systems/arc-resistant-magnum-ds-low-voltage-switchgear.html>
- Edaltec. (2021). Reconectores | Encuentra tu reconector eléctrico Aquí. *Edaltec Group*. <https://edaltec-group.com/reconectores/>
- EEP. (2020). Handbook on maintenance of electrical general services substation | EEP. *EEP - Electrical Engineering Portal*. <https://electrical-engineering-portal.com/download-center/books-and-guides/power-substations/maintenance-substation>
- Elec. (2023). *Relé Reyrolle – Ingeniería Eléctrica*. <https://elec-engg.com/tag/reyrolle-relay/>
- Gordillo, E. I. (2022). *Diseño y simulación de un sistema de monitoreo y control para las cámaras de transformación pertenecientes a la*

*reconfiguración subterránea de los primarios 19A, 19B y 19I de la subestación Cotocollao.* [bachelorThesis, Quito : EPN, 2022.].

<http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23386>

Grados, E. D., & Rodríguez, B. A. (2021). *Evaluación del sistema de protecciones de la unidad de generación #1 de la Central*

*hidroeléctrica Agoyán* [bachelorThesis, Ecuador: Latacunga:

Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)].

<http://localhost/handle/27000/7859>

Hernández, D., & Jesús, D. D. (2023). *Mantenimiento preventivo a equipo primario en Subestaciones Eléctricas de Alta Tensión.*

<http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3484>

Hosseini, S. A. (2020). Analysis of Substation Protection System Failures and Reliability. *2020 15th International Conference on Protection and Automation of Power Systems (IPAPS)*, 74-79.

<https://doi.org/10.1109/IPAPS52181.2020.9375616>

Hussain, S., Hernandez Fernandez, J., Al-Ali, A. K., & Shikfa, A. (2021).

Vulnerabilities and countermeasures in electrical substations.

*International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 33, 100406.

<https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2020.100406>

Ibrahim, L. O., Sung, Y.-M., Hyun, D., & Yoon, M. (2020). A Feasibility Study of Frequency Regulation Energy Storage System Installation in a

Power Plant. *Energies*, 13(20), Article 20.

<https://doi.org/10.3390/en13205365>

Industrysurfer. (2023, febrero 26). *Diferencia entre transformador de corriente y transformador.* <https://industrysurfer.com/blog->

industrial/ingenieria/ingenieria-electrica-ingenieria/hogar/diferencia-entre-transformador-de-corriente-y-transformador/

Jia, Y., Ying, L., Wang, D., & Zhang, J. (2021). Defect Prediction of Relay Protection Systems Based on LSSVM-BNDT. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(1), 710-719.

<https://doi.org/10.1109/TII.2020.2990962>

Kingsmillindustries. (2022, enero 17). AC Substations and Earthing System Fundamentals. *Kingsmill Industries*. <https://kingsmillindustries.com/ac-substations-and-earthing-system-fundamentals/>

Lamandi, A., Iliescu, S. S., Arghira, N., Fagarasan, I., Stamatescu, I., & Calofir, V. (2020). Distance Protection Scheme for a Digital Substation. *2020 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR)*, 1-6.

<https://doi.org/10.1109/AQTR49680.2020.9129913>

Landeo, J. C. (2023). *Análisis del diseño de apantallamiento contra descargas atmosféricas en la ampliación de la subestación Chupaca, 2021-2023*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9980>

Lazón, D. B., & Mitma, M. J. (2021). *Optimización del sistema eléctrico de protección para incrementar la confiabilidad de la subestación tipo superficie, ubicado en la compañía estrella del Perú S.A.C., distrito Ate, Lima*. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/6450>

Lu, X.-N., Wang, H., Liu, H.-T., Xu, C., Zhang, L.-W., & Jin, Z.-S. (2020). Research on Real-time Reliability of Relay Protection System in Intelligent Substation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1601(2), 022007. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1601/2/022007>

- Mendoza, F. A. (2022). *Validación de la guía técnica para la instalación de reconectores en 44 kV*.  
<https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/28964>
- Mosquidt Ramos, F. A. (2020). *Estudio de factibilidad para la implementación del sistema contra incendios en la Central Hidroeléctrica Sibimbe de la Compañía Hidalgo e Hidalgo S.A., de la Ciudad de Ventanas durante el periodo 2018*. [bachelorThesis, Ambato: Universidad Tecnológica Indoamérica].  
<https://repositorio.uti.edu.ec//handle/123456789/2151>
- Nan, D., Wang, W., Mahfoud, R. J., Haes Alhelou, H., Siano, P., Parente, M., & Zhang, L. (2020). Risk Assessment of Smart Substation Relay Protection System Based on Markov Model and Risk Transfer Network. *Energies*, 13(7), Article 7.  
<https://doi.org/10.3390/en13071777>
- Navarro, F. P. (2023). Evaluación del reconector de tensión en 10 kV, 13.2 kV y 23.9 kV para el alimentador A4402 de la subestación de transmisión—Chupaca 2023. *Universidad Continental*.  
<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13190>
- Paiva, C. A. dos S. (2022). *Estudo de proteção e seletividade de uma subestação destinada a uma usina de minigeração fotovoltaica*.  
<http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/1613>
- Parra, M. O. (2022). *Implementación de pruebas de puesta en servicio de un esquema de teleprotección piloto para los tramos de línea jacana central, jacana pozos, jacana sur y jacana e, en el campo jacana bloque llanos 34 – Villanueva – Casanare*.

<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4522>

Pavon, W., Inga, E., Simani, S., & Nonato, M. (2021). A Review on Optimal Control for the Smart Grid Electrical Substation Enhancing Transition Stability. *Energies*, 14(24), Article 24.

<https://doi.org/10.3390/en14248451>

Peralta, A., Chere-Quiñónez, B. F., Molina, M. M., Adum, J. L. P., Quiroz, J. C. Y., Carrillo, C. A. A., & Gruezo, G. A. A. (2022). Protecciones eléctricas en subestaciones eléctricas: Análisis documental. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(1), Article 1.

<https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.280>

Permana, A., & Sesa, S. (2022). MONITORING LOAD IMBALANCE IN DISTRIBUTION TRANSFORMER PT. PLN ULP TULEHU BASED ON THE INTERNET OF THINGS (IOT). *INTERNATIONAL JOURNAL OF MULTI SCIENCE*, 2(10), Article 10.

Piesciorovsky, E. C., Borges Hink, R., Werth, A., Hahn, G., Lee, A., & Polsky, Y. (2023). Assessment and Commissioning of Electrical Substation Grid Testbed with a Real-Time Simulator and Protective Relays/Power Meters in the Loop. *Energies*, 16(11), Article 11.

<https://doi.org/10.3390/en16114407>

Polanco, L. (2020). *La Importancia de las Protecciones en los Sistemas Eléctricos*. <https://resonanciaconsulting.com/>

Powermag. (2023, mayo 1). *Keeping Substations Shielded: Maintaining Proper Protection from Lightning*. POWER Magazine.

<https://www.powermag.com/keeping-substations-shielded-maintaining-proper-protection-from-lightning/>

Quintero, D. F. (2021). *Análisis causa raíz de fallas en reconectores automatizados acoplados a la red de distribución de Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A. E.S.P.*

<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/5300>

Rabert, T. (2023, julio 7). *Essential Components of an Electrical Substation.*

ForumElectrical.Com. <https://forumelectrical.com/essential-components-of-an-electrical-substation/>

Rathebe, P. C., & Mbazima, S. J. (2023). Risk-Based Assessment of 132 kV Electric Distribution Substations and Proximal Residential Areas in the Mangaung Metropolitan Region. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5), Article 5.

<https://doi.org/10.3390/ijerph20054365>

Ritonga, Z. A., Tarigan, A. S. P., & Aryza, S. (2022). STUDY ANALYSIS OF LIGHTNING ARRESTER INSTALLATION LOCATION AT SUBSTATIONS. *INFOKUM*, 10(03), Article 03.

Rodríguez, E. A. (2022). *Plan de mejora del mantenimiento en la subestación Puerto Caicedo-Putumayo.*

<http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/4903>

Schneider. (2020). *IEC 61850 para MasterPact MTZ.* <https://product-help.schneider->

[electric.com/ED/MTZ/Micrologic\\_X\\_User\\_Guide/EDMS/DOCA0102ES](https://product-help.schneider-electric.com/ED/MTZ/Micrologic_X_User_Guide/EDMS/DOCA0102ES)

/DOCA0102xx/MaintenanceAndDiagnosticFunctions/MaintenanceAnd  
DiagnosticFunctions-21.htm

Secoin. (2023). *Relés de protección de subestaciones*.

<https://www.secoin.com.uy/productos/componentes-de-automatizaci%C3%B3n/seguridad-para-m%C3%A1quinas/rel%C3%A9s-de-protecci%C3%B3n-de-subestaciones>

Sornoza, F. M., & Llosas, Y. (2022). Mantenimiento a partir de puntos calientes en la Subestación Santo Domingo 230/138/69kV, utilizando termografía infrarroja. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional*, 7(5 (MAYO 2022)), 78.

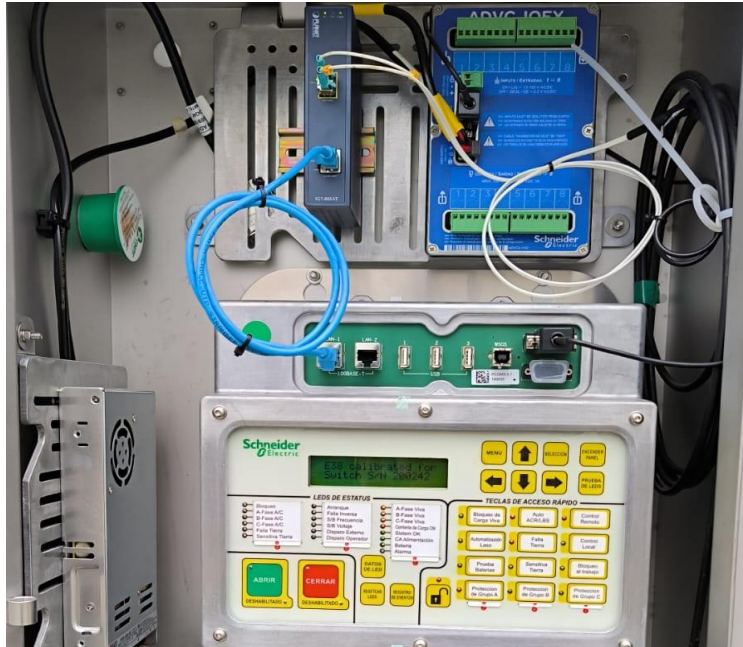
Tydelectric. (2023, abril 12). *Relés de protección en un sistema eléctrico de potencia*. <https://tydelectric.com/relés-proteccion-sistema-electrico-potencia/>

Vegunta, S. C., Higginson, M. J., Kenarangui, Y. E., Li, G. T., Zabel, D. W., Tasdighi, M., & Shadman, A. (2021). AC Microgrid Protection System Design Challenges—A Practical Experience. *Energies*, 14(7), Article 7. <https://doi.org/10.3390/en14072016>

Webb, J. C., Neighbours, T., & Karandikar, H. (2020). IEC versus IEEE/ANSI MV Switchgear: Matching the Standard to the Application. 2020 *IEEE/IAS 56th Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS)*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/ICPS48389.2020.9176777>

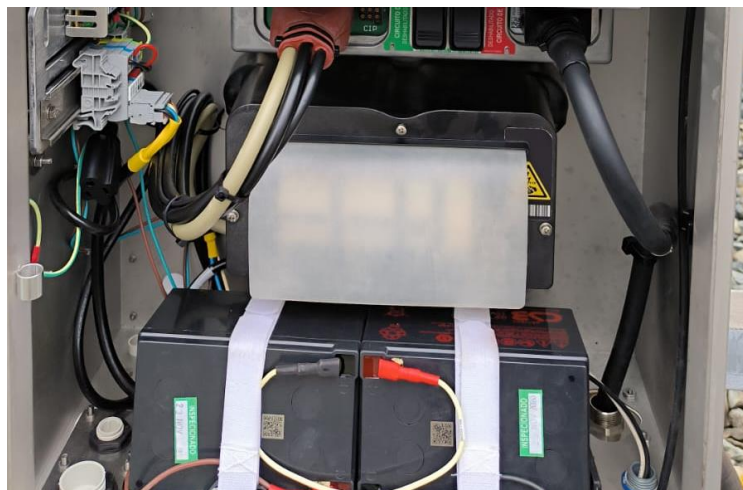
## Anexo 1

**Figura A1:** Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Zapotal parte 1



Elaborado por: El Autor

**Figura A2:** Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Zapotal parte 2



Elaborado por: El Autor

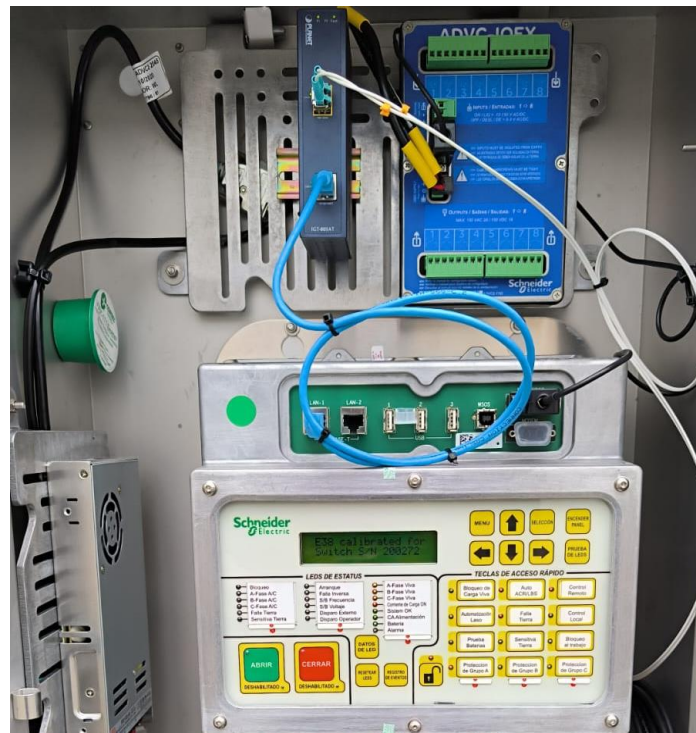


**Figura A3:** Reconector eléctrico de 13.8 kv de Zapotal



Elaborado por: El Autor

**Figura A4:** Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Los Ángeles



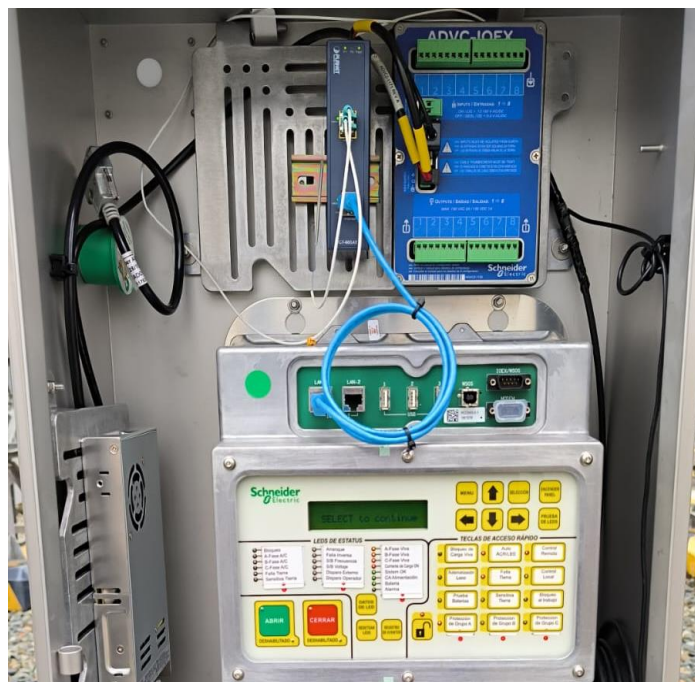
Elaborado por: El Autor

**Figura A5:** Reconector eléctrico de 13.8 kv de Ventanas Centro



Elaborado por: El Autor

**Figura A6:** Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Ventanas Centro



Elaborado por: El Autor

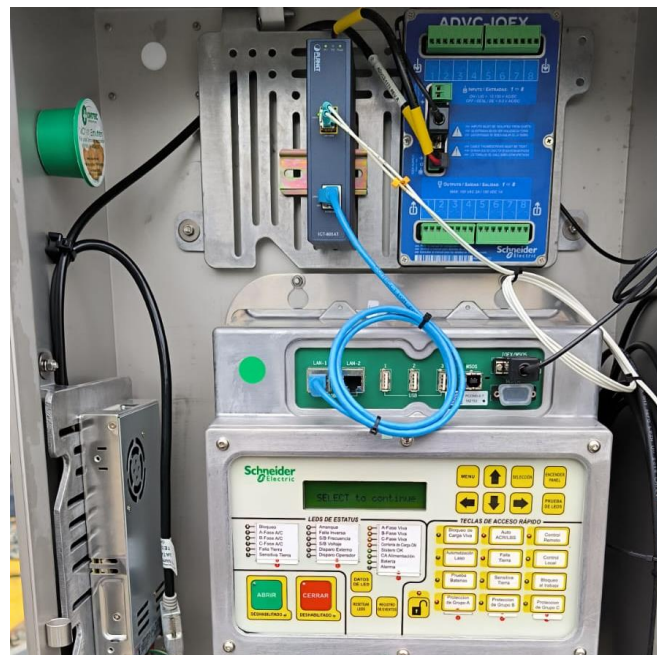


**Figura A7:** Reconectador eléctrico de 13.8 kv de Ventanas Sur



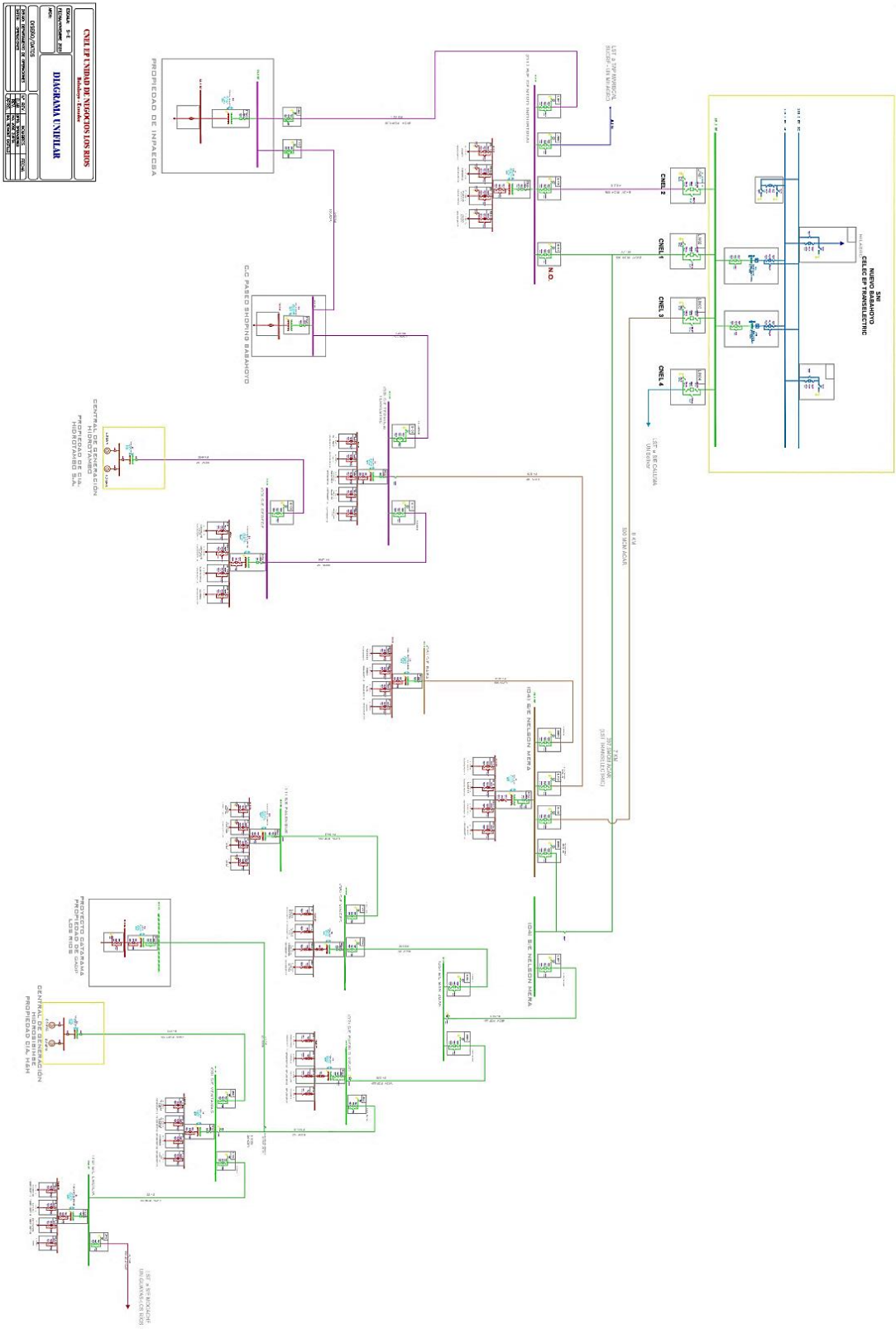
Elaborado por: El Autor

**Figura A8:** Sistema de protección Schneider para el Alimentador eléctrico de Ventanas Sur



Elaborado por: El Autor

**Figura A9: Diagrama Unifilar General Cnel Ep Un Los Ríos noviembre 2023**



Elaborado por: El Autor



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Caballero Llunitaxi, Nessar José** con C.C: **1205029497** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 25 de enero del año 2024

---

Caballero Llunitaxi, Nessar José

**C.C: 1205029497**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Serrano Chang, Jorge Enrique** con C.C: **1206709329** autor del Trabajo de Integración Curricular: **Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Electricidad**, en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de integración curricular para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de integración curricular, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 25 de enero del año 2024

Jorge Serrano Ch.

Serrano Chang, Jorge Enrique

**C.C: 1206709329**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



**SENESCYT**  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

<b>REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR			
<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Estudio del sistema de protecciones eléctricas de la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel. Los Ríos		
<b>AUTOR(ES)</b>	Caballero Llumitaxi, Nessar José Serrano Chang, Jorge Enrique		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Ing. Philco Asqui, Luis Orlando. M.Sc.		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería en Electricidad		
<b>TITULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero en Electricidad		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	25 de enero del 2024	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	74
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Sistema de protección eléctrica, Mediciones Eléctricas		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	Puesta a tierra, seguridad eléctrica, infraestructura eléctrica, normativas, protección de equipos.		
<p>El presente trabajo de integración curricular se centra en investigar el sistema de protecciones eléctricas en la subestación Ventanas de la unidad de negocio Cnel Los Ríos. La problemática principal radica en la necesidad de evaluar en detalle qué tan efectivas son las protecciones que están en este punto clave de la red eléctrica. Se abordan retos técnicos, operativos y de seguridad que deben ser observados con gran atención. Se pretende que este trabajo permita realizar mejoras en la coordinación entre los dispositivos de protección, perfeccionar la capacidad de selección y ajustes de protección, así como al aplicar medidas preventivas y correctivas, se fortalecerá la respuesta del sistema ante posibles fallas eléctricas. La metodología por emplear es la tipo bibliográfica en base a libros, estudios y documentos relevantes para entender mejor cómo funcionan las protecciones eléctricas y aprender de las mejores prácticas y reglas en este campo. Se estudian a fondo los dispositivos de protección que ya están en la subestación Ventanas para ver cómo funcionan ante diversas situaciones.</p>			
<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593969932966 +593983697716	<b>E-mail:</b> pepitoj87@hotmail.com jserranochang@hotmail.com	
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Ing. Bohórquez Escobar, Celso Bayardo PHD.		
	<b>Teléfono:</b> +593- 995147293		
	<b>E-mail:</b> celso.bohorquez@cu.ucsg.edu.ec		
<b>SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA</b>			
<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>			
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>			
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>			